

**Family list**

**8** family members for:

**WO0224434**

Derived from 7 applications.

1. Method of manufacturing sheet, device and program for controlling sheet thickness , and sheet  
Publication info: CN1395523 A - 2003-02-05
2. Thin sheet  
Publication info: CN1554529 A - 2004-12-15
3. METHOD OF MANUFACTURING SHEET, DEVICE AND PROGRAM FOR CONTROLLING SHEET THICKNESS, AND SHEET  
Publication info: EP1319492 A1 - 2003-06-18
4. SHEET MANUFACTURING METHOD AND SHEET THICKNESS CONTROL UNIT  
Publication info: JP2003089146 A - 2003-03-25
5. Method for manufacturing thin sheet, device and method for controlling thickness of the thin sheet, and the thin sheet  
Publication info: TW523456 B - 2003-03-11
6. Method of manufacturing sheet, device and program for controlling sheet thickness, and sheet  
Publication info: US6856855 B2 - 2005-02-15  
US2003050717 A1 - 2003-03-13
7. METHOD OF MANUFACTURING SHEET, DEVICE AND PROGRAM FOR CONTROLLING SHEET THICKNESS, AND SHEET  
Publication info: WO0224434 A1 - 2002-03-28

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

# Method of manufacturing sheet, device and program for controlling sheet thickness, and sheet

**Patent number:** US2003050717  
**Publication date:** 2003-03-13  
**Inventor:** HIRATA HAJIME (JP); UEHARA MASATSUGU (JP); NAKAI YASUHIRO (JP); TERAJO JIRO (JP)  
**Applicant:**  
**Classification:**  
- **International:** G06F17/00; B27N3/08; B28B19/00; B29C51/00; B29C53/00  
- **European:** B29C47/16B; B29C47/92D; B29C47/92D2; B29C55/12; G05B13/04B; G05B13/04D  
**Application number:** US20020130253 20020521  
**Priority number(s):** WO2001JP08043 20010917; JP20000286881 20000921

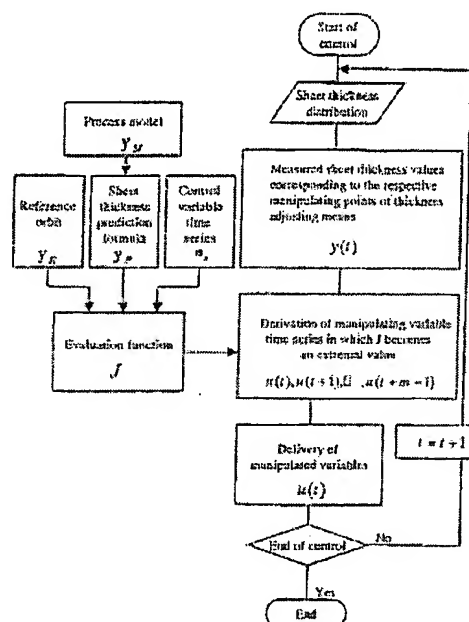
## Also published as:

EP1319492 (A1)  
WO0224434 (A1)  
US6856855 (B2)

Report a data error here

## Abstract of US2003050717

A method of controlling the thickness of sheets manufactured by the extrusion of a material from a die having a plurality of thickness adjusting means by repeating, at specified timings, the following steps of 1) measuring the distribution of thickness of the sheets in lateral direction, 2) evaluating a predicted future variation in sheet thickness by using a specified evaluation function and based on a process model representing a relation between the amount of operation and the sheet thickness and sheet thickness measured values and leading an operating amount time series to minimize the evaluation function, and 3) outputting at least the initial amount of operation of the led operating amount time series to the thickness adjusting means.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 3 月 28 日 (28.03.2002)

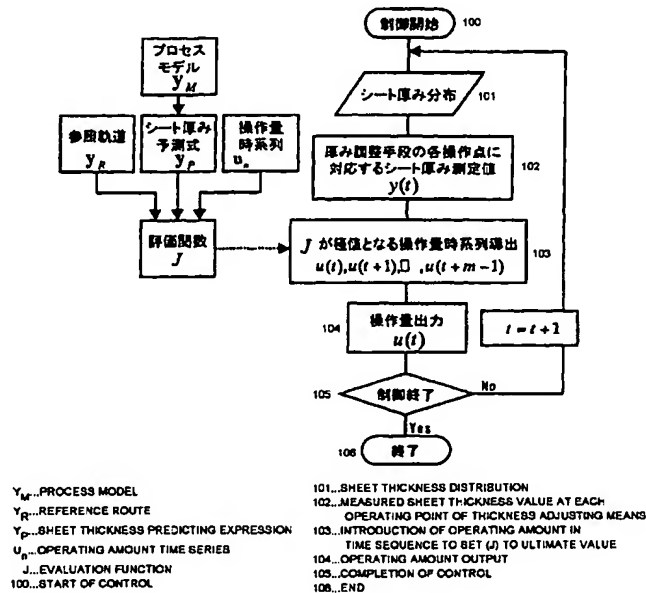
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/24434 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B29C 47/92, 47/16, 山3丁目20番51号 Shiga (JP). 上原正嗣 (UEHARA, Masatsugu) [JP/JP]. 寺尾次郎 (TERAO, Jiro) [JP/JP]; 〒520-0842 滋賀県大津市園山2丁目15番1号 Shiga (JP). 中井康博 (NAKAI, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒520-3801 滋賀県甲賀郡石部町石部南5丁目8番9号 Shiga (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/08043
- (22) 国際出願日: 2001 年 9 月 17 日 (17.09.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2000-286881 2000 年 9 月 21 日 (21.09.2000) JP 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東レ株式会社 (TORAY INDUSTRIES, INC.) [JP/JP]; 〒103-8666 東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号 Tokyo (JP). 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 平田 肇 (HIRATA, Hajime) [JP/JP]; 〒524-0022 滋賀県守山市守

(54) Title: METHOD OF MANUFACTURING SHEET, DEVICE AND PROGRAM FOR CONTROLLING SHEET THICKNESS, AND SHEET

(54) 発明の名称: シートの製造方法、シートの厚み制御装置およびプログラム、ならびに、シート



(57) Abstract: A method of controlling the thickness of sheets manufactured by the extrusion of a material from a die having a plurality of thickness adjusting means by repeating, at specified timings, the following steps of 1) measuring the distribution of thicknesses of the sheets

[続葉有]



---

in lateral direction, 2) evaluating a predicted future variation in sheet thickness by using a specified evaluation function and based on a process model representing a relation between the amount of operation and the sheet thickness and sheet thickness measured values and leading an operating amount time series to minimize the evaluation function, and 3) outputting at least the initial amount of operation of the led operating amount time series to the thickness adjusting means.

(57) 要約:

以下のステップを所定のタイミングで繰り返すことにより、複数の厚み調整手段を備えたダイから原料を押し出して製造されるシートの厚みを制御する。 1) シートの幅方向の厚み分布を測定する。 2) 操作量とシート厚みとの関係を表すプロセスモデル及びシート厚み測定値に基づいて予測される将来のシート厚み変化を所定の評価関数を用いて評価し、該評価関数が極小値となる操作量時系列を導出する。 3) 導出された該操作量時系列のうち少なくとも最初の操作量を前記厚み調整手段に出力する。

## 明 細 書

シートの製造方法、シートの厚み制御装置およびプログラム、ならびに、シート

## 技術分野

本発明は、フィルムなどのシートの製造方法、シートの厚み制御装置およびプログラム、ならびに、シートに関するものである。

## 背景技術

高分子フィルムなどのシートの幅方向の厚みを所望のプロファイル、例えば均一の厚みに制御する従来のシートの製造方法の例を第2図および第3図を用いて説明する。

押出機3より押し出された原料たる重合体は、ダイ4で第2図の紙面に垂直な方向、すなわち幅方向に抅げられ押し出されてシート1となり、延伸機2により縦方向（シート走行方向）、横方向（シート幅方向）に延伸されて巻取機6に巻き取られる。ダイ4には厚み調整手段10が幅方向に等間隔に複数個配設されており、これは具体的にはヒーター、ギャップ調整具等によって重合体の吐出量を変える働きをする。厚み計8はシート1の厚みをシート幅方向の分布として測定し、制御手段9は、厚み調整手段10のそれぞれを、これに対応する箇所の測定値に基づいて制御する。

この制御手段としては、厚み調整手段のそれぞれについて独立した制御ループを構成し、各制御ループでは、厚み測定値と目標値の偏差に対して比例、積分、微分演算を施した結果を操作量として厚み制御手段に出力する周知のPID制御を行なう方法が広く利用されている。特許第3021135号公報にはこの制御手段として現代制御理論を用いた厚み制御装置が示されている。

上記、厚み調整手段のそれぞれについて独立した制御ループを構成した従来の厚み制御系では、まだ十分に満足できる制御は行えない。その理由の一つは、上記厚み調整手段の一つを操作すると、隣接する調整手段に対応する箇所のシート厚みまで変化するという干渉現象によるものである。このため、厚み調整手段の

それぞれに対応した制御ループは相互に干渉し、対応位置の厚みと目標値との偏差に基づいて操作量を演算して制御しても、隣接する調整手段による影響を受けて目標値に近づかない場合や、目標値に近づく速度が極めて遅くなる場合があった。

また、別の理由として、上記厚み調整手段の一つを操作してから、その結果が対応位置での厚み測定結果にあらわれるまでに時間的な遅れ、すなわち制御で言うところのむだ時間があることによる。このため、PID制御のゲインを大きくすると、厚み調整手段に操作量を出力した結果が対応位置での厚み測定結果にあらわれる前に大きく操作しすぎることになり、制御が不安定になる。したがって、制御が安定するように、制御のゲインを小さくせざるを得ず、即応性の悪い制御系となる。

ところで、ポリエステルフィルムなどをロール状に巻き上げる場合、巻き上げられたロールに皺が入ったり、ストリークや端面ずれなどが発生して、製品ロールの価値を極端に下落させ、時には商品価値が全く無くなってしまう場合もある。

このような問題を回避するために、フィルムの表面特性を改良しようとしたり、厚みムラを低減させようとしたり、あるいはオシレーションによって厚みムラをフィルム幅方向に分散させようとしたりなどの提案がなされている。

しかし、上記従来技術はいずれもフィルムの特性を変更せざるを得なかったり、生産性を犠牲にせざるを得なかったり、あるいは改良が不十分であるという問題があった。特に、このような問題はフィルムを薄膜化していくに従って顕在化してきている。

さらに近年では巻き姿に対する要求はますます高まっており、オシレーションだけでは対応できなくなっている。

本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、シート幅方向厚みを全幅にわたって均一にかつ安定に制御できるシートの厚み制御装置およびシートの製造方法を提供することにある。

また本発明の別の目的は、シートの特性を変えることなく、また高生産性を維持しながら、しわやストリークなどの少ないロール形状の良好なロールを提供することを目的としている。

## 発明の開示

本発明は、複数の厚み調整手段を備えたダイを用いて原料を押し出し、成形してシートとなすとともに、前記厚み調整手段に加える操作量を制御して前記シートの厚みを制御するシートの製造方法であって、前記シートの幅方向の厚み分布を測定するステップと、前記操作量とシート厚みとの関係を表すプロセスモデルおよび前記シート厚み測定値に基づいて予測される将来のシート厚み変化を所定の評価関数を用いて評価し、該評価関数が極小値となる操作量時系列を導出するステップと、導出された該操作量時系列のうち少なくとも最初の操作量を前記厚み調整手段に出力するステップとを所定のタイミングで繰り返すことを特徴とするシートの製造方法である。

また、本発明は、シートの幅方向の厚み分布を測定する厚み測定手段によって測定された幅方向の各部のシート厚み測定値に基づいて対応する位置のシートの厚み調整手段へ操作量を与える制御装置であって、前記操作量とシート厚みとの関係を表すプロセスモデルおよび前記シート厚み測定値に基づいて予測される将来のシート厚み変化を所定の評価関数を用いて評価し、該評価関数が極小値となる操作量時系列を導出する操作量時系列導出手段と、導出された該操作量時系列のうち少なくとも最初の操作量を前記厚み調整手段に出力する操作量出力手段とを備えたことを特徴とするシートの厚み制御装置である。

また、本発明は、シートの幅方向の各部の厚みの測定値を入力するステップと、前記各部の厚みの目標値と前記測定値との差を算出するステップと、前記各部の差に基づいて厚み調整手段に加える操作量を算出するステップとを所定のタイミングで繰り返す動作をコンピュータに実現させるプログラムであって、前記操作量を算出するステップは、前記操作量とシート厚みとの関係を表すプロセスモデルおよび前記シート厚み測定値に基づいて予測される将来のシート厚み変化を所定の評価関数を用いて評価し、該評価関数が極小値となる操作量時系列を導出するステップと、導出された該操作量時系列のうち少なくとも最初の操作量を前記厚み調整手段に出力するステップを含むことを特徴とするプログラムである。

また、本発明は、複数の厚み調整手段を備えたダイを用いて原料を押し出し、

成形されたシートであって、以下の式

$$P = F(\omega)F(\omega)^*$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-j\omega x} dx$$

(ここで、 $f(x)$  はシート幅方向厚みプロファイル (単位は  $\mu m$ )、 $F(\omega)$  は  $f(x)$  のフーリエ変換、 $x$  はシート幅方向の位置 (単位は  $m$ )、 $\omega$  は波数 (単位は  $m^{-1}$ ) であり、 $F(\omega)^*$  は  $F(\omega)$  の共役複素数である。また、 $j$  は虚数で  $j^2 = -1$  である)

で表されるシート幅方向の厚みプロファイルのパワースペクトルおよび平均シート厚み  $T$  ( $\mu m$ ) が、

所定の波数  $a$  未満のパワーの平均値  $X_1$  が  $0.2 \times T^2$  以下、かつ、 $X_1$  が波数  $a$  以上のパワーの平均値  $X_2$  より小さい関係にあることを特徴とするシートである。

#### 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の一実施形態例における、シートの厚み制御のフローチャートである。

第 2 図は、本発明の一実施形態例におけるシートの製造設備の全体概略構成を示す図である。

第 3 図は、第 2 図に示す口金の要部拡大斜視図である。

第 4 図は、本発明の一実施形態における厚み制御の基本構成を示す図である。

第 5 図は、本発明の一実施形態における制御手段設計方法のフロー図である。

第 6 図は、本発明の一実施形態における厚み調整手段とシート厚み測定の関係を示す図である。

第 7 図は、本発明の一実施形態における操作量のパターンを示す図である。

第 8 図は、本発明の一実施形態における制御手段の詳細を示す図である。

第 9 図は、本発明の一実施形態例における、操作量平準化のフローチャートである。

第 10 図は、本発明の一実施形態における、操作量平準化のフローチャートで



ある。

第 1 1 図は、本発明の一実施例における、シートの厚み制御方法を示すブロック図である。

第 1 2 図は、本発明の一実施形態におけるヒートボルトを押し引きした場合における、シート厚みの時間変動を示す図である。

第 1 3 図は、本発明の一実施形態における熱量が大きい、または小さい場合における、シート厚みの時間変動を示す図である。

第 1 4 図は、本発明の一実施形態におけるシートの厚み制御方法を示すブロック図である。

第 1 5 図は、従来の方法により生産された巻きこぶが発生している製品ロールの側面図である。

第 1 6 図は、従来の方法によるシート製造時のシート厚み制御結果である。

第 1 7 図は、本発明の一実施形態におけるシート製造時の厚み制御結果である。

第 1 8 図は、本発明の方法を用いてフィルム厚みを制御した場合の、フィルム厚みの分布を示す図である。

第 1 9 図は、従来の方法を用いてフィルム厚みを制御した場合の、フィルム厚みの分布を示す図である。

第 2 0 図は、本発明の一実施形態における、操作量のパターンを示す図である。

第 2 1 図は、第 6 図における、隣り合う操作量の差値のパターンを示す図である。

第 2 2 図は、本発明の一実施形態におけるシート製造時の厚み制御の結果を示すグラフである。

第 2 3 図は、従来の方法による操作量平準化例によるシート製造時の厚み制御の結果を示すグラフである。

第 2 4 図は、本発明の一実施形態における、操作量のパターンを示す図である。

第 2 5 図は、本発明の一実施形態における操作の結果を示す図である。

第 2 6 図は、第 6 図におけるシート厚みのパターンを示す図である。

第 2 7 図は、第 7 図におけるシート厚みのパターンを示す図である。

第 2 8 図は、従来の方法による操作量平準化例によるシート製造時の厚み制御

の結果を示す図である。

第 29 図は、本発明の一実施形態におけるヒートボルトを加熱した場合のフィルム厚みの時間変動を示す図である。

第 30 図は、第 29 図における実施形態においてヒートボルトを冷却した場合のフィルム厚みの時間変動を示す図である。

第 31 図は、第 29 図ならびに第 30 図におけるそれぞれの実施形態における製品ロールの外形プロファイルを示す図である。

第 32 図は、本発明の一実施形態におけるシートの幅方向厚みプロファイルのパワースペクトルを示す図である。

#### <符号の説明>

- 1 : シート
- 2 : 延伸機
- 3 : 押出機
- 4 : 口金
- 5 : 冷却ロール
- 6 : 巻取機
- 7 : 搬送ロール
- 8 : 厚み計
- 9 : 制御手段
- 10 : 厚み調整手段
- 11 : 間隙
- 21 : 操作量演算手段
- 22 : 操作量出力手段
- 23 : 操作量
- 24 : 厚み測定値
- 25 : 偏差データ
- 26 : シート製造プロセス
- 40 : 修正される操作量
- 21 : 操作量演算手段

- 2 1 1 : 基本熱量算出手段
- 2 1 2 : 制御用熱量算出手段
- 2 1 3 : 制御用差値算出手段
- 2 1 4 : 熱量算出手段
  - 3 0 : ヒートボルトを引いた場合のシート厚みの時間変動
  - 3 1 : ヒートボルトを押した場合のシート厚みの時間変動
  - 3 2 : ヒートボルトを引いた場合における一定時間後のシート厚み変動量
  - 3 3 : ヒートボルトを押した場合における一定時間後のシート厚み変動量
  - 3 4 : 熱量を加えてからの一定期間
  - 3 5 : 熱量が大きい場合のシート厚みの時間変動
  - 3 6 : 熱量が小さい場合のシート厚みの時間変動
  - 3 7 : 3 6 に比べて時定数が小さい場合のシート厚みの時間変動
- 4 0 : 第 2 の目標値修正手段
- 4 1 : 積分手段
- 4 2 : 第 1 の目標値
- 4 3 : 第 2 の目標値
- 4 4 : 偏差
- 5 0 : 製品ロール
- 5 1 : 紙管
- 5 2 : 巻きこぶ
- 6 0 : 修正される操作量
- 7 1 : ヒートボルトを押した場合のフィルム厚みの時間変動
- 7 2 : 7 1 の関数近似曲線
- 7 3 : ヒートボルトを引いた場合のフィルム厚みの時間変動
- 7 4 : 7 3 の関数近似曲線
- 7 5 : フィルム厚みの 1 0 % 変化量
- 7 6 : フィルム厚みの 9 0 % 変化量
- 8 1 : 従来の方法でフィルムを製造した場合における、製品ロールの外形プロフィール

82：本発明の方法でフィルムを製造した場合における、製品ロールの外形プロフィール

90：パワースペクトル

発明を実施するための最良の形態

以下に図を引用しながら本発明を説明する。

高分子フィルムなどのシートの幅方向の厚みを所望のプロファイル、例えば均一の厚みに制御するシート製造方法の例を、第2図、第3図および第4図を用いて説明する。

第2図は、一般的なシートの製造設備全体概略構成図を示す図であり、第3図は第2図に示すダイの要部拡大斜視図である。

第4図はシート厚みの制御方法を示すブロック図である。

押出機3より押し出された重合体は、ダイ4で第2図の紙面に垂直な方向、すなわち幅方向に抜けられ押し出されてシート1となり、延伸機2により縦方向、横方向に延伸されて巻取機6に巻き取られる。

ダイ4には厚み調整手段10が幅方向に等間隔に複数個配設されている。厚み調整手段10としては、ボルトを配置し、機械的、熱的あるいは電氣的にダイ4のギャップ11を変えることにより重合体の吐出量を変えるボルト方式、ヒーターを配置し、ヒータ発生熱を変えることにより、その個所の重合体の粘性を変えて流速を変えることにより吐出量を変えるヒーター方式のいずれでも用いることができる。さらにこのシートの製造設備は、シートの幅方向に厚み分布を測定する厚み測定器8と、前記厚み分布に基づいて厚み調整手段10を制御する制御手段9を備えている。

厚み測定器8はシート1の厚みをシート幅方向の分布として測定する。厚み測定器8としては、 $\beta$ 線、赤外線、紫外線またはX線等の吸収率を利用したもの、光の干渉現象を利用したもの等、任意の厚み測定器を用いることができる。

制御手段9は、まず、厚み測定器8で測定した厚みのシート幅方向分布測定値を入力して、これから厚み調整手段10の各操作点に対応するシート厚み測定値を求め、次にこの各操作点に対応するシート厚み測定値から後述する制御動作演

算を操作量算出手段 2 1 で行って各操作点毎の操作量を決定し、これを操作量出力手段 2 2 によって一定周期で各操作点に出力する。

この各操作点毎の操作量は図示しないパワーユニットを介して厚み調整手段 1 0 に入力され、このパワーユニット出力によって、例えばボルトを熱的伸縮させるヒートボルト方式では、ボルトに付設したヒータに電力が供給されてボルトが加熱され、それに応じてボルトが伸縮してギャップ 1 1 の幅を調整する。他の方式でも電力が供給されて厚み調整手段 1 0 が動作することは同様であり、この厚み調整手段 1 0 の動作により、シートは所望のプロファイルに管理される。

次に制御手段 9 の作用の詳細について説明する。

第 1 図は制御手段 9 の作用のフローチャートを示したもので、制御開始より各時刻  $t$  ( $t = 0, 1, 2, \dots$ ) 毎に、厚み計 8 で測定したシート厚み分布を入力し、これより厚み調整手段 1 0 の各操作点に対応するシート厚み測定値を求め、後述する操作量時系列導出ステップで操作量時系列を導き、操作量出力ステップで導き出された操作量時系列から実際に厚み調整手段 1 0 に出力する操作量を決定して出力するという過程を制御終了まで繰り返す。

なお、以下では離散時間で説明するが、制御の時間間隔は厚み計 8 がシート 1 の厚みをシート幅方向の分布として測定するのに要する時間もしくはその倍数とするのが好ましい。具体的には数十秒から数分である。こうした制御タイミングは、必ずしも固定周期である必要はなく、プロセスの安定状態等に応じて適宜変更してもよい。すなわち、製造開始時には短い周期で制御を行い、製造安定時には長い周期で制御を行なってもよい。

プロセスモデルを用いれば、ある操作量時系列を出力したときに、シート厚みがどのように変動していくかを予測することができる。操作量時系列導出ステップは、この予測したシート厚みを最適に、すなわち所定の評価関数が極小値となるように、制御するにはどのような操作量を出力していけば良いかを導出するステップである。

操作量時系列導出ステップにおける演算は、測定したシート厚みとそれまでに出力した操作量を用いて、予め定めた操作量時系列導出式より操作量時系列を求めるものであるが、以下にこの操作量時系列導出式に至るまでの考え方について

説明する。

まず、厚み調整手段 10 に操作量を加えられたときシート厚みがどのように変化するかを表すプロセスモデルを考える。このプロセスモデルは、操作量を出力してからの厚み調整手段の動作の時間遅れ、シート 1 がダイ 4 を出てから厚み計 8 の位置まで搬送される時間と厚み計 8 で幅方向の厚みプロファイルを測定するのに要する時間からなるむだ時間および一つの厚み調整手段を操作した場合に隣接する厚み調整手段に対応する位置のシート厚みが増加する干渉を数式化したものである。以上の条件を満たせば、どのようなプロセスモデルでも用いることができる。しかし、各厚み調整手段に対して個々にモデル化するのは多大な時間と労力を要すだけでなく、時系列導出式が煩雑になり過ぎる。そこでプロセスモデルを、厚み調整手段の操作量と対応する位置のフィルム厚みの関係を表すスカラー伝達関数と個々の厚み調整手段間の干渉を表す、少なくとも対角成分がゼロでない定数行列との積を用いて表現することが好ましい。これにより、操作量時系列演算の際の演算が簡略化される。このようなプロセスモデルは、例えば離散時間伝達関数を用いて下式で表される。

式 1 :

$$y_M(z) = \frac{b_q z^{-q} + a_{q-1} z^{-(q-1)} + \dots + b_1 z^{-1}}{a_p z^{-p} + a_{p-1} z^{-(p-1)} + \dots + 1} W u(z)$$

ただし、 $y_M$ 、 $u$  はそれぞれ、各厚み調整手段に対応する測定位置におけるシート厚みと操作量を表し、厚み調整手段 10 の個数  $N$  の要素を持つベクトルである。また  $p$ 、 $q$  は離散時間伝達関数の次数、 $a$ 、 $b$  はそれぞれの係数を表す値であり、実際のシート製造プロセスの遅れ時間やむだ時間を考慮して決定するものである。

$W$  は個々の厚み調整手段間の干渉を表す  $N \times N$  のマトリクスであり、下式で表される。

式 2 :

$$W = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_1 & \alpha_2 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ \alpha_1 & 1 & \alpha_1 & \alpha_2 & 0 & & 0 \\ \alpha_2 & \alpha_1 & 1 & \alpha_1 & \alpha_2 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_2 & \alpha_1 & 1 & \alpha_1 & \alpha_2 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_2 & \alpha_1 & 1 & \alpha_1 & \alpha_2 \\ 0 & & \ddots & \ddots & \ddots & 1 & \ddots \\ \vdots & & & \ddots & & \ddots & \ddots \\ & & & & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \alpha_2 \\ & & & & & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \alpha_1 \\ 0 & \dots & \dots & & 0 & \alpha_2 & \alpha_1 & 1 \end{bmatrix}$$

上式で、 $\alpha_1$  ( $\geq 0$ ) は隣の厚み調整手段に対応する位置のシート厚みが増加する割合、 $\alpha_2$  ( $\geq 0$ ) は二つ離れた厚み調整手段に対応する位置のシート厚みが増加する割合を表し、ここでは干渉率とよぶ。ある厚み調整手段を操作したときに、その厚み調整手段に対応するシート厚み測定位置のシート厚み変化に対して、隣接する厚み調整手段に対応する測定位置のシート厚みがどの程度変化するかを表す値である。すなわち、ある厚み調整手段を操作したときに、口金の剛性や延伸工程での影響によって、シート厚みは操作位置だけでなく、周辺部もある広がりを持って変化する。

上式では、三つ以上離れた厚み調整手段に対応する位置のシート厚みが増加する割合を0とおいた例を示したが、 $\alpha_1$  ( $\geq 0$ ) 以降を考慮しても良い。ただし、 $\alpha_1$ 以降を0とした方が、演算が簡単になるわりに、演算結果に対する影響が少ないので好ましい。また後述するように各行の $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ の値は異なるものであってもかまわない。

このプロセスモデルより、

$$B_i = b_i W$$

とすると、時刻  $t$  におけるシート厚み  $y_M(t)$  は、

式7：

$$y_M(t) = a_1 y_M(t-1) + a_2 y_M(t-2) + \dots + a_p y_M(t-p) \\ + B_1 u(t-1) + B_2 u(t-2) + \dots + B_q u(t-q)$$

のように、表すことができる。

さらに、

$$\Delta y_M(t) = y_M(t) - y_M(t-1)$$

$$\Delta u(t) = u(t) - u(t-1)$$

とおくと、将来の時刻  $t+1$ 、 $t+2$  におけるシート厚み  $y_M(t+1)$ 、 $y_M(t+2)$  はそれぞれ

式 8 :

$$y_M(t+1) = y_M(t) + a_1 \Delta y_M(t) + a_2 \Delta y_M(t-1) + \dots + a_p \Delta y_M(t+1-p) \\ + B_1 \Delta u(t) + B_2 \Delta u(t-1) + \dots + B_q \Delta u(t+1-q).$$

$$y_M(t+2) = y_M(t) + ((1+a_1)a_1 + a_2) \Delta y_M(t) + \dots + (1+a_1)a_p \Delta y_M(t+1-p) \\ + B_1 \Delta u(t+1) + ((1+a_1)B_1 + B_2) \Delta u(t) + \dots + (1+a_1)B_q \Delta u(t+1-q)$$

と表すことができ、これを漸化的に適用すれば時刻  $t+j$  ( $j > 1$ ) におけるシート厚み  $y_M(t+j)$  は、

式 9 :

$$y_M(t+j) = y_M(t) + h_{j,1} \Delta y_M(t) + h_{j,2} \Delta y_M(t-1) + \dots + h_{j,p} \Delta y_M(t+1-p) \\ + g_{j,1} \Delta u(t+j-1) + g_{j,2} \Delta u(t+j-2) + \dots + g_{j,q} \Delta u(t+1-q)$$

のように、シート厚み  $y_M(t-1)$ 、 $\dots$ 、 $y_M(t-p)$  と操作量  $u(t-q)$ 、 $\dots$ 、 $u(t+j-1)$  で表せる。

ここで、シート厚み  $y_M(t-1)$ 、 $\dots$ 、 $y_M(t-p)$  と操作量  $u(t-1)$ 、 $\dots$ 、 $u(t-q)$  は時刻  $t$  で決定しているものであり、 $g$ 、 $h$  は式 1 に示す伝達関数の係数  $a$ 、 $b$  から求まるものであり、上記プロセスモデルから事前に決まっているものであるから、将来のシート厚み  $y_M(t+j)$  は時刻  $t$  以降に出力する操作量時系列  $u(t)$ 、 $\dots$ 、 $u(t+j-1)$  を決めれば決定するといえる。

上記シート厚みはプロセスモデルによるものであるが、プロセスモデルは実際のプロセスとは完全には一致しなかったり、様々な外乱などによって実際のシート厚みとは異なる。このため、最適な制御を行うために、遠い将来までシート厚みを求めてこれより評価関数を導いたとしても、結局は誤差の大きな不確実な情



報で操作量を決めることになるため好ましくない。そこで、操作量を変化させる時間を $m$ （0より大きい整数）、シート厚みを求める時間を $P$ （0より大きい整数）というように有限な時間区間を考える。すなわち、操作量は時刻 $t$ から $t+m-1$ まで変化させてその後は一定に保つとしたとき、時刻 $(t+L)$ から $(t+L+P-1)$ まで（ $L$ は整数）のシート厚みは、

式 10 :

$$\begin{bmatrix} y_M(t+L) \\ y_M(t+L+1) \\ \vdots \\ y_M(t+L+P-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_M(t) \\ y_M(t) \\ \vdots \\ y_M(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_{L,L} & g_{L,L-1} & \cdots & g_{L,1} & \cdots & 0 \\ g_{L+1,L+1} & g_{L+1,L} & \cdots & g_{L+1,1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta u(t) \\ \Delta u(t+1) \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta u(t+m-1) \end{bmatrix} \\ + \begin{bmatrix} g_{L,L+1} & g_{L,L+2} & \cdots \\ g_{L+1,L+2} & g_{L+1,L+3} & \cdots \\ g_{L+2,L+3} & \vdots & \\ \vdots & & \\ g_{L+P-1,L+P} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta u(t-1) \\ \Delta u(t-2) \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta u(t-q+1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_{L,1} & h_{L,2} & \cdots \\ h_{L+1,1} & h_{L+1,2} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \\ h_{L+P-1,1} & \cdots & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta y(t) \\ \Delta y(t-1) \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta y(t-p+1) \end{bmatrix}$$

で表される。これをベクトル行列表現すれば下式となる。

式 11 :

$$\mathbf{y}_M = \mathbf{y}_{M0} + \mathbf{G}_F \Delta \mathbf{u}_n + \mathbf{G}_O \Delta \mathbf{u}_o + \mathbf{Q}_O \Delta \mathbf{y}_M$$

上記はプロセスモデルから導いた将来のシート厚みである。一方、時刻 $t$ において厚み計8により実際のシート厚み分布が測定され、これより厚み調整手段10の各操作点に対応する実際のシート厚み $y(t)$ が判るので、これを用いて時刻 $t+j$ でのシートの厚みを予測すれば、予測式 $y_p(t+j)$ は

式 12 :

$$y_p(t+j) = y_M(t+j) + y(t) - y_M(t)$$

となる。上記と同様に時刻 $(t+L)$ から $(t+L+P-1)$ までのシート厚みの予測式は

式 13 :

$$\mathbf{y}_P = \mathbf{y} + \mathbf{G}_F \Delta \mathbf{U}_n + \mathbf{G}_O \Delta \mathbf{U}_o + \mathbf{Q}_o \Delta \mathbf{y}_M$$

となる。ただし、上式で $\mathbf{y}$ は要素数 $N$ 個のベクトル $\mathbf{y}(t)$ を $M$ 個並べたベクトルである。すなわち、 $\mathbf{y}_P$ は、上式により予測される将来のシート厚み変化を表す時系列である。

次にこの厚み予測式が最適になるように評価する評価関数を考える。

まず、時刻 $t$ 現在において測定されたシート厚みプロファイル $\mathbf{y}(t)$ から、時刻 $t+j$ において所望の厚みプロファイル $\mathbf{r}$ （要素数 $N$ のベクトル）へ至る参照軌道 $\mathbf{y}_R(t+j)$ （ $j=1, 2, \dots$ ）を設定する。

この参照軌道は、常法に従い適宜設定すればよい。例えば、

式 14 :

$$\mathbf{y}_R(t+j) = \beta^{j-L+1} \mathbf{y}(t) + (1 - \beta^{j-L+1}) \mathbf{r}$$

で表すことができ、 $\beta$ を0に近づければ所望のプロファイル $\mathbf{r}$ により速く近づく軌道となる。シート厚み予測式とこの参照軌道の偏差（の2次形式）は、小さい方がよい。

一方、操作量については、操作量の変化 $\Delta \mathbf{u}$ が小さい方がよい。以上の点を考慮し、評価関数 $J$ として

式 15 :

$$J = (\mathbf{y}_R - \mathbf{y}_P)^T \Lambda (\mathbf{y}_R - \mathbf{y}_P) + \Delta \mathbf{U}_n^T \Psi \Delta \mathbf{u}_n$$

を使用し、この関数が極小値になる操作量時系列を導出する。ただし、

式 16 :

$$\mathbf{y}_R = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_R(t+L) \\ \mathbf{y}_R(t+L+1) \\ \vdots \\ \mathbf{y}_R(t+L+P-1) \end{bmatrix}, \quad \Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1^2 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \lambda^2 \end{bmatrix}, \quad \Psi = \begin{bmatrix} \psi_1^2 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \psi_P^2 \end{bmatrix}$$

である。

ここで、上式の第1項は所望の厚みに至るまでの参照軌道と厚み予測式の偏差

に関わるもの、第2項は操作量に関わるものであり、 $\Lambda$ 、 $\Psi$ がそれぞれの寄与度を決める。

一般に製膜開始時には所望の厚みとの偏差が大きく、大きな操作量を加えて急速に偏差を小さくしていくべきであり、また製膜安定時には偏差が小さくなり大きな操作量を与えるべきではないことから、上記 $\Lambda$ と $\Psi$ との関係が異なる評価関数を準備し、製膜開始時には操作量に係る $\Psi$ の寄与を低く、製膜安定時には $\Psi$ の寄与を高くすることが好ましい。

このとき、評価関数 $J$ が極小値をとるための必要条件は

式17：

$$\frac{\partial J}{\partial \Delta \mathbf{u}_n} = 0$$

であり、これを満たす $\Delta \mathbf{u}_n$ は

式18：

$$\Delta \mathbf{u}_n = (\mathbf{G}_F^T \Lambda \mathbf{G}_F + \Psi)^{-1} \mathbf{G}_F^T \Lambda (\mathbf{y}_R - \mathbf{y} - \mathbf{G}_o \Delta \mathbf{u}_o - \mathbf{Q}_o \Delta \mathbf{y}_M)$$

となり、これが操作量時系列導出式である。

すなわち、操作量時系列導出ステップでは、前段で求めたシート厚み測定値 $y(t)$ を上式の $y$ および $y_R$ に代入し、また時刻 $t-1$ までの情報から $\Delta \mathbf{u}_o$ 、 $\Delta \mathbf{y}_M$ を更新して操作量時系列の変化分 $\Delta \mathbf{u}_n$ を導出し、これより $u(t)$ 、 $\dots$ 、 $u(t+m-1)$ を決定する。

次に操作量出力ステップでは、上記で決定した操作量時系列のうち、 $u(t)$ のみを実際に厚み調整手段10に出力する。

この操作量時系列導出ステップと、操作量出力ステップを時刻 $t$ 、 $t+1$ 、 $t+2 \dots$ と繰り返す。すなわち、時刻 $t+1$ では新たに測定した $y(t+1)$ および前回出力した $u(t)$ を既知の値として、操作量時系列導出式を用いて $u(t+1)$ 、 $\dots$ 、 $u(t+m)$ を決定し、これらのうち $u(t+1)$ を厚み調整手段10に出力する。

また、この操作量時系列導出ステップは上記のように毎時刻繰り返しても良い

が、例えば  $2 \leq s \leq m$  なる整数  $s$  に対して、時刻  $t$ 、 $t + s$ 、 $t + 2s$  というように  $s$  周期で操作量時系列を導出し、 $t$  から  $t + s - 1$  の間については、時刻  $t$  において導出した  $u(t)$ 、 $\dots$ 、 $u(t + s - 1)$  を出力しても良い。

このような制御動作演算を行うことで、シート厚みを素早く、高精度に所望の厚みプロファイルに制御できる。すなわち、厚み調整手段の一つを操作すると、隣接する調整手段に対応する箇所のシート厚みまで変化するという干渉現象および、厚み調整手段の一つを操作してから、その結果が対応位置での厚み測定結果にあらわれるまでのむだ時間を数式化したプロセスモデルを用いて決定した厚み予測式を最適化する操作量時系列を決定して加えているため、シート厚みは目標値に極めて速く、高精度に収束する。

さらに、プロセスモデルに誤差がある場合や、他の外乱がある場合のように実際の厚み測定値  $y$  が予測式  $y_p$  と異なるものになっても、予測式の決定、最適な操作時系列の決定を新たに測定した厚み測定値  $y$  を用いて頻繁に行うことで、モデルの誤差か外乱による偏差の蓄積が起こらず、制御を通して準最適な操作量を決定することができるため、シート厚みを目標値に素早く、高精度に制御できる。

ここで用いるプロセスモデルは上記説明に用いた、パラメトリックモデルの他に、時刻  $t = 0$  で操作量としてインパルス状出力を厚み調整手段 10 与えたときに、シート厚みが時刻  $t = 1, 2, 3, \dots$  でどのように変化するかを記述したインパルス応答モデルや、時刻  $t = 0$  で操作量としてステップ状出力を厚み調整手段 10 に与えたときに、シート厚みが時刻  $t = 1, 2, 3, \dots$  でどのように変化するかを記述したステップ応答モデル、さらには状態変数を用いて、操作量と状態変数の関係、状態変数とシート厚みの関係を記述する状態空間モデル等を用いることができる。

このようなシートの製造プロセスにおいては、シートを幅方向へ延伸する場合、シート中央部では延伸条件は幅方向に対してほぼ一定と見なせるが、シート製品部分の端部は第 6 図に示すように、原料が口金 4 から吐出された直後にシート幅が吐出時より狭くなるネックイン現象や、エッジ部のポリマー流動の影響を受けやすく、端部では中央部とは異なった条件で延伸される。このように端部は中央部に比べてプロセス条件に大きな影響を受けるので、シート厚み制御手段の設計

に際して、第1図に示すようにシート幅方向における端部と中央部とにそれぞれ対応する部分でプロセスモデルを異なる設定、好ましくは制御手段決定に關与するパラメータ、例えばプロセスゲインや干渉率をそれぞれ別々に設定することが好ましい。

プロセスゲインとは操作量変化に対する制御量変化の割合を表す値である。すなわち、シートの厚み調整手段に入力する操作量を単位量変化させたときに、シートの厚みがどれだけ変化するかを示す値である。

また、中央部と端部の境界の決定方法については、シート幅方向の延伸倍率やシート厚みなどの製膜条件や、シート幅方向におけるシート厚みの分散の分布などを基準に決定してもよい。また、安定製膜時は、中央部の幅を7～8割で残りを端部とし、製膜初期の幅方向のシート厚みが安定していない時期は、中央部の割合を6割以下にするなど、製膜状態によって割合を変えることも好ましい。

上記、プロセスゲインについては、端部のプロセスゲインを中央部のプロセスゲインより小さく設定することが好ましい。なぜなら、シート端部では、シート厚み調整手段が、口金の構造上の制約やエッジ部のポリマーの緩衝効果により、シートの厚み調整手段への操作量を一定量だけ変化させたとしても、第6図の厚み分布に示すように、シート厚みが中央部程には変化しない場合があるからである。すなわち、口金の最端部が固定されていたり、最端部からいくつかの厚み調整手段が固定されている場合があるために、端部のシート厚みが薄くなるようにシートの厚み調整手段に操作量を加えても、厚み調整手段の実際に動作する量が小さい場合があり、また、エッジ部のポリマーの流れの一部が流れ込むことで、実際のシート厚みが中央部程には薄くならない場合があるためである。同様に端部のシート厚みが厚くなるようにシートの厚み調整手段に操作量を加えても、厚み調整手段が実際に動作する量が小さかったり、エッジ部に一部のポリマーが流れていくために、実際のシート厚みが中央部程には厚くならない場合がある。

さらに、干渉率については、隣接する調整手段に対応する位置の干渉率を、中央部より端部の方が大きくすることが好ましい。これは、上記プロセスゲインについて述べたと同様の理由によるものであり、端部では口金の最端部が固定されていたり、最端部からいくつかの厚み調整手段が固定されている場合があるため

に、端部のシートの厚み調整手段に操作量を加えたときに、隣接する厚み調整手段の位置における実際の動作量との差が小さい場合があることと、エッジ部のポリマーの流れが緩衝作用を起こすために、実際のシート厚みは操作位置と隣接する厚み調整装置に対応する位置とで差が小さくなる場合があるためである。

さらに、上記の理由から、端部の干渉率については、操作位置に対して左右対称な値にするのではなく、端部側を大きく、中央部側を小さくしても良い。

さらに、プロセスゲイン、干渉率ともに、シート走行方向の左右端側でもそれぞれ設定が異なってもよい。

これらのプロセスモデルを表現するのに用いる中央部と端部のプロセスゲインや干渉率を決定するには、厚み調整手段のステップ応答を実測することが好ましい。すなわち、端部を代表する厚み調整手段位置と中央部を代表する厚み調整手段にステップ的に変化する操作量を加え、このときのシート厚みの変化から、端部と中央部のプロセスゲインや干渉率を実測することができる。

次に、上記の方法で決定されたプロセスゲインや干渉率に基づいて制御手段 9 を設計する方法について説明する。

制御手段を設計する際、第 5 図に示す方法によって制御パラメータを決定する。決定すべき制御パラメータは設計方法によって異なる。まず、本発明の方法によって決定されたプロセスゲインや干渉率に基づいてプロセスモデルを作成する。フィルム端部は中央部よりプロセスゲインが小さいので、制御ゲインは中央部より大きくなるよう制御パラメータを調整して、前記プロセスモデルを用いてシート厚み変動をシミュレーションする。シミュレーションによって得られる制御精度や応答性などの制御性能が予め設定された基準値より良ければ、このときの設計パラメータを採用する。制御性能を満たしていなければ再度制御パラメータを調整してシミュレーションを実行するという作業を繰り返して、最適な制御パラメータを決定する。

このように、本発明によって作成されたプロセスモデルを用いてシート厚み変動のシミュレーションを行って制御手段の制御パラメータを決定すると、製膜しながら試行錯誤的に制御パラメータを決定することが避けられるので効率よくシートを製造することができる。

以上のように、シート幅方向全体に同一の制御を行うのではなく、中央部、端部についてそれぞれ適したプロセスモデルを用いて制御することにより、ネックイン現象やエッジ部のポリマーの流動の影響を受けやすく、制御が不安定になりやすいシート端部についても、精度良く安定してシート厚みを制御することができる。

ところで、前記ダイ 4 においては、シートの幅方向に一体型のリップを備えているので、各厚み調整手段 10 に加えた操作量は近接する厚み調整手段の位置まで影響し、近接する厚み調整手段における操作量の差が過度に大きくなった状況においては、近接する厚み調整手段間の操作量の差をより大きくしても、間隙の形状がこの操作量の差に追従できなくなる。このため、ダイ 4 においては、間隙の形状変化に与える操作量の影響が小さくなり、間隙の調整能力が低下し、シートの厚み制御精度が低下する。

そこで、本発明のシートの製造方法においては、厚み調整手段の数が  $N$  個 ( $N$  : 2 以上の自然数) とした場合、算出された  $i$  番目 ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) の厚み調整手段の操作量とこれに近接する厚み調整手段に出力する操作量との差が所定の値  $T$  以上である場合に、前記操作量の差が小さくなるように前記  $i$  番目の厚み調整手段に出力する操作量を修正するとともに、出力する操作量と、操作量を出力して十分時間が経過したときの、各厚み調整手段に対応する測定位置でのシート厚みとの静的な関係を表す静的プロセスモデルに基づいて前記近接する厚み調整手段に出力する操作量を修正し、修正後の各操作量を前記各厚み調整手段に出力することが好ましい。

制御手段 9 は、第 8 図に示すように操作量算出手段 221、操作量修正手段 222、操作量出力手段 23 を備えている。操作量算出手段 221 は所定の制御アルゴリズムで操作量を算出し、操作量修正手段 222 で操作量を修正する必要がある場合に操作量を修正する。操作量出力手段は修正後の各修正量を実際に厚み調整手段 10 へ出力する。

操作量算出手段 221 では、上記シート 1 の厚み分布と目標とする厚み分布との差値である偏差データに対して、フィルタ処理等の変換処理を行うことが好ましい。フィルタ処理としては、シートの幅方向と同じ方向に移動平均することや、

現時点以前の偏差データとの間で加重平均処理する手法などを用いることができる。

また、シートの幅方向に配設された厚み調整手段 10 の数は、前記偏差データの数より少ない場合が多い。このような場合は、前記フィルタ処理された偏差データから、各厚み調整手段に対応するデータを採取する。このとき、各々の厚み調整手段 10 と偏差データの対応位置を予め求めておくことが望ましい。

さらに操作量算出手段 221 は、前記フィルタ処理済みの、厚み調整手段の数に個数を合わせた偏差データについて操作量を算出し、厚み調整手段 10 を制御する。

上記方法でシート厚みを制御する場合、前述のとおり、ある厚み調整手段に出力する操作量が、近接する厚み調整手段に出力する操作量に比べて過度に大きく、または小さくなる場合がある。第 7 図に、各厚み調整手段 10 に出力する操作量 28 の一例を示す。横軸が厚み調整手段の位置で、縦軸が操作量の大きさを表し、所定時間あたりに、一定の熱量を厚み調整手段に出力する時間の割合や、所定時間に厚み調整手段に出力する熱量の大きさなどを用いることができる。位置  $x$  や  $y$  の厚み調整手段の操作量が、近接する位置  $x-1$ 、 $x+1$  や  $y-1$ 、 $y+1$  の厚み調整手段に出力する操作量  $a$  よりも過度に大きく、または小さくなっている。

このような操作量のパターンに対して、操作量を平準化する手法について説明する。

$i$  番目の厚み調整手段  $10_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) に出力する操作量 21 を  $u_i$ 、この操作量を出力したときの各厚み調整手段  $10_i$  に対応する位置の厚みを  $y_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) とすると、 $u_i$  と  $y_i$  の静的なプロセスモデルはたとえば式 19、式 20 のように表すことができる。静的なプロセスモデルとは、厚み調整手段に操作量を加えて十分時間が経過した後のシート厚みと操作量の関係を指す。ここで  $A$  は干渉行列であり、個々の厚み調整手段間の干渉を表す  $N \times N$  の大きさの行列である。式 20 で、 $\alpha_1 (\geq 0)$  はある厚み調整手段に操作量を出力したときに隣の厚み調整手段に対応する位置のシート厚みが増加する割合、 $\alpha_2 (\geq 0)$  は二つ離れた厚み調整手段に対応する位置のシート厚みが増加する割合を表す。上式では、三つ以上離れた厚み調整手段に対応する位置のシート厚みが増



化する割合を 0 とおいているが、 $\alpha_3 (\geq 0)$ 以降を考慮しても良く、また各行の  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ の値は異なるものであってもかまわない。

式 19 :

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_N \end{bmatrix}$$

式 20 :

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_1 & \alpha_2 & 0 & & & & 0 \\ \alpha_1 & 1 & \alpha_1 & \alpha_2 & 0 & & & 0 \\ \alpha_2 & \alpha_1 & 1 & \alpha_1 & \alpha_2 & 0 & & 0 \\ 0 & \alpha_2 & \alpha_1 & 1 & \alpha_1 & \alpha_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_2 & \alpha_1 & 1 & \alpha_1 & \alpha_2 & \cdot \\ 0 & & & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & & & \cdot & & & & \alpha_2 \\ \cdot & & & & & \alpha_2 & \alpha_1 & 1 & \alpha_1 \\ 0 & & & & & 0 & \alpha_2 & \alpha_1 & 1 \end{bmatrix}$$

ここで、 $j$  番目の調整手段  $10_j$  とそれに近接する左右  $M$  個の厚み調整手段  $10_{j-M}$ 、 $10_{j-M+1}$ 、 $\dots$ 、 $10_{j-1}$ 、 $10_{j+1}$ 、 $\dots$ 、 $10_{j+M-1}$ 、 $10_{j+M}$  の操作量を修正して操作量を平準化する場合を考える。

厚み調整手段  $10_j$  に出力する操作量の修正量を  $a$ 、厚み調整手段  $10_j$  に近接する  $2M$  個の厚み調整手段  $10_{j-M}$ 、 $10_{j-M+1}$ 、 $\dots$ 、 $10_{j-1}$ 、 $10_{j+1}$ 、 $\dots$ 、 $10_{j+M-1}$ 、 $10_{j+M}$  に出力する操作量の修正量を  $b_i$  ( $i = -M, -M+1, \dots, -1, 1, \dots, M-1, M$ ) とする。ここでは簡単のため、 $M = 2$  とし、厚み調整手段  $10_j$  に対して両側 2 個ずつの厚み調整手段に出力する操作量を修正する方法について説明するが、 $M = 2$  以外の場合や、厚み調整手段  $10_j$  の両側の厚み調整手段の個数が異なってもよい。これらの場合は、以下に

示す数式を適宜変更することによって修正量を求めることができ、操作量を平準化することができる。

修正後の操作量を厚み調整手段  $10_{j-2}$ 、 $10_{j-1}$ 、 $10_j$ 、 $10_{j+1}$ 、 $10_{j+2}$  に出力すると、各厚み調整手段に対応するシート厚みは  $\Delta y_i$  ( $i = j-2, j-1, j, j+1, j+2$ ) だけ変化する。修正後の操作量を厚み調整手段  $10_{j-2}$ 、 $10_{j-1}$ 、 $10_j$ 、 $10_{j+1}$ 、 $10_{j+2}$  に加えてもシート厚みがほとんど変化しないと仮定すると、下式が成り立つ。

式 2 1 :

$$\begin{bmatrix} \Delta y_1 \\ \Delta y_2 \\ \Delta y_3 \\ \Delta y_4 \\ \Delta y_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \end{bmatrix} = A' \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ a \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix}$$

ここで、 $A'$  は  $A$  から操作量を修正する厚み調整手段  $10_i$  ( $i = j-2, j-1, j, j+1, j+2$ ) に対応する部分を抽出したものであり、この位置の近傍の静的プロセスモデルを表している。 $\varepsilon_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ) は 0 か 0 に近い有限の値であり、目標シート厚みの 1.0 % 以下であることが好ましい。

$a$  を与えたときに  $b_i$  を求める方法としては、 $\varepsilon_i = 0$  ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ) として次に示す式 2 2 ~ 式 2 4 に示す式を解く方法が好ましい。この他、 $\varepsilon_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ) を有限として漸化式で解いてもよいし、 $\varepsilon_i = 0$  ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ) の近傍で漸化式で解いてもよい。

式 2 2 :

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = a \cdot A'' + \begin{bmatrix} \alpha_2 \\ \alpha_1 \\ 1 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix}$$

ここで、 $A^{''+}$ は $A''$ の擬似逆行列であり、式23によって求めることができる。

式23：

$$A^{''+} = (A^{''T} A'')^{-1} A^{''T}$$

ここで、

式24：

$$A'' = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_1 & 0 & 0 \\ \alpha_1 & 1 & \alpha_2 & 0 \\ \alpha_2 & \alpha_1 & \alpha_1 & \alpha_2 \\ 0 & \alpha_2 & 1 & \alpha_1 \\ 0 & 0 & \alpha_1 & 1 \end{bmatrix}$$

以上の式22～24を一般化すると次の式25～26のようになる。

式25：

$$\begin{bmatrix} \Delta y_{-M1} \\ \Delta y_{-M1+1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta y_{-1} \\ \Delta y_0 \\ \Delta y_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta y_{M2-1} \\ \Delta y_{M2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{-M1} \\ \varepsilon_{-M1+1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_{M2-1} \\ \varepsilon_{M2} \end{bmatrix} = A' \begin{bmatrix} b_{-M1} \\ b_{-M1+1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{-1} \\ a \\ b_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{M2-1} \\ b_{M2} \end{bmatrix}$$

式26：

$$\begin{bmatrix} b_{-M1} \\ b_{-M1+1} \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{-1} \\ b_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{M2-1} \\ b_{M2} \end{bmatrix} = a \cdot A''^+ \begin{bmatrix} 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \\ \alpha_2 \\ \alpha_1 \\ 1 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix}$$

$A''^+$ は、 $A''$ の擬似逆行列であり、 $A''$ は行列 $A$ の要素（ $j-M1$ ， $j-M1$ ）から（ $j+M2$ ， $j+M2$ ）の部分抽出して $A$ の $j$ 列目を除いた行列である。

上記数式を解くことによって、シート厚みをほとんど変化させずに操作量の修正量を導出でき、操作量を平準化することができる。

平準化を行う際に、 $j$ 番目の厚み調整手段に加える操作量を修正する量 $a$ は、 $j$ 番目の厚み調整手段に加える操作量の10%以下が好ましい。10%以上修正する場合は、数%ずつ複数回に分けて行うことが好ましく、この場合、平準化を行った後、シートの厚みが安定してから次の平準化を行うことが望ましい。

また、平準化を行うタイミングは、制御演算により各厚み調整手段に出力される操作量が算出された後、この操作量に対して行ってもよいし、厚み調整手段に操作量を加えてから次に操作量を出力するまでの間に修正量を求めておき、次の制御のときに制御演算で求めた操作量に修正量を加えて厚み調整手段に出力してもよい。

次に厚み制御中に自動で平準化する一実施例について、第9図に基づいて説明する。ここでも簡単のため、式（25）において $M1=M2=2$ とし、厚み調整手段10に対して両側2個ずつの厚み調整手段の操作量を修正する方法について

説明する。

まず、制御手段 9 によって操作量  $u_k$  ( $k = 1, 2, \dots, N$ ) を算出する (ステップ 1)。次に、各位置  $k$  の厚み調整手段  $10_k$  に出力する操作量  $u_k$  と位置  $k+1$  の厚み調整手段  $10_{k+1}$  に出力する操作量  $u_{k+1}$  との差  $D_k (= u_{k+1} - u_k)$  を求める (ステップ 2)。

ステップ 3 では、 $D_k$ 、 $D_{k+1}$  に対して、それぞれ絶対値と所定の閾値を比較し、かつ  $D_k$  と  $D_{k+1}$  の符号を調べる。

次に、 $D_k$ 、 $D_{k+1}$  の絶対値が所定の閾値より大きく、かつ  $D_k$  と  $D_{k+1}$  が異符号であれば、つまり位置  $k+1$  番目の厚み調整手段に加える操作量が両隣の厚み調整手段に加える操作量に比べて突出して大きいまたは小さい場合であれば、大きさが位置  $k+1$  の厚み調整手段  $10_{k+1}$  に加える操作量の 10% 以下とする修正量  $a$  を、前記差が小さくなるように与え、式 26 に基づいて近接する厚み調整手段  $10_{k-1}$ 、 $10_k$ 、 $10_{k+2}$ 、 $10_{k+3}$  に出力する修正量  $b_i$  ( $i = k-1, k, k+2, k+3$ ) を求め (ステップ 4)、修正量を対応する操作量に加える (ステップ 5)。

次に、位置  $k$  を、 $k = k + 2M + 1$  として (ステップ 6)、つまり、重複して操作量が修正されない個数離れた位置の隣の厚み調整手段に対してステップ 3 ~ 5 を実行する。

$k \geq N$  となるまで、上記ステップを繰り返し (ステップ 7)、修正後の操作量を実際に厚み調整手段に出力する (ステップ 8)。

$D_k$  に基づいて修正量を求める厚さ調整手段の位置を決定する他の方法として、上記以外に、 $D_k$  の絶対値が大きい順番に所定の個数に対して行う、隣り合う  $D_k$  の積の絶対値、絶対値の和などに基づいて決定する方法などを用いることができる。

上記方法において、前記修正量  $a$  は修正する操作量に対して一定の割合に設定しておいてもよいし、両隣の操作量との差に応じて、つまり  $D_k$  の大きさに基づいて導出してもよい。

また、上記  $a$  以外に、 $a$  と同様に  $b_i$  も予め与えて、他の修正量を導出してもよい。

また、上記の方法では、平準化を行う周期としては、毎回の制御周期毎に行っていたが、間欠的に行ってもよい。

次に操作量のパターンに対して、操作量を平準化する別の手法について説明する。

厚み調整手段の数がN個（N：2以上の自然数）の場合に、該厚み調整手段の操作量のうち連続するM個（M：2以上かつN以下の自然数）の厚み調整手段に出力する操作量のバラツキが小さくなるように、出力する操作量とこれにより得られるべきシート厚みとの関係を表す静的プロセスモデルに基づいて、前記連続するM個の厚み調整手段に出力する操作量を修正することも好ましい。

N個の厚み調整手段のうち、連続するM個（ $M \leq N$ ）の厚み調整手段10<sub>i</sub>（ $i = 1, 2, \dots, M$ ）に出力する操作量を $u'_i$ 、この操作量を出力したときの各厚み調整手段10<sub>i</sub>に対応する位置のシート厚み測定値を $y'_i$ （ $i = 1, 2, \dots, M$ ）とすると、静的プロセスモデルは、 $Y' = A' U'$ と表される。すなわち、 $u'_i$ と $y'_i$ の静的な数学関係はたとえば式27、式28のようになる。

式27：

$$\begin{bmatrix} y'_1 \\ y'_2 \\ \vdots \\ y'_N \end{bmatrix} = A' \begin{bmatrix} u'_1 \\ u'_2 \\ \vdots \\ u'_N \end{bmatrix}$$

式28：

$$A' = \begin{bmatrix} 1 & \beta_{11} & \beta_2 & 0 & & & & 0 \\ \beta_1 & 1 & \beta_1 & \beta_2 & 0 & & & 0 \\ \beta_2 & \beta_1 & 1 & \beta_1 & \beta_2 & 0 & & 0 \\ 0 & \beta_2 & \beta_1 & 1 & \beta_1 & \beta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_2 & \beta_1 & 1 & \beta_1 & \beta_2 & \cdot \\ 0 & & & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot & & & \beta_2 \\ \cdot & & & & & \beta_2 & \beta_1 & 1 \\ 0 & & & & & 0 & \beta_2 & \beta_1 \end{bmatrix}$$

ここで $A'$ は干渉行列であり、個々の厚み調整手段間の干渉を表す $M \times M$ の大きさの行列である。式28で、 $\beta_1 (\geq 0)$ はある厚み調整手段に操作量を出力したときに隣の厚み調整手段に対応する位置のシート厚みが増加する割合、 $\beta_2 (\geq 0)$ は二つ離れた厚み調整手段に対応する位置のシート厚みが増加する割合を表す。上式では、三つ以上離れた厚み調整手段に対応する位置のシート厚みが増加する割合を0とおいているが、 $\beta_1 (\geq 0)$ 以降を考慮しても良く、また各行の $\beta_1$ 、 $\beta_2$ の値は異なるものであってもかまわない。

ここで、連続する $M$ 個の厚み調整手段に出力する操作量を修正して操作量を平準化する方法を第10図に基づいて説明する。

各厚み調整手段10に出力する修正前の操作量( $u'_1, u'_2, \dots, u'_M$ )をベクトル $U'$ とする。

まず、 $M$ 対の固有値 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, M)$ と固有ベクトル $v_i (i=1, 2, \dots, M)$ を求める(ステップ1)。また、固有ベクトルの大きさは1に正規化する。このとき $A'$ は $M \times M$ の正方行列であり、 $\text{rank}(A') = M$ とする。

このとき、 $U'$ は固有ベクトル $v_i$ の1次結合として次のように表すことができる。

式29:

$$U' = \sum_{i=1}^M a_i v_i$$

$a_i$  は  $U'$  に固有ベクトル  $v_i$  がどの程度含まれているかを表す係数であり、次式により求める（ステップ2）。

式30：

$$(a_1 \ a_2 \ \cdots \ a_M)^T = (v_1 \ v_2 \ \cdots \ v_M)^{-1} U$$

このとき、シート厚み  $y'$  は  $v_i$ 、 $\lambda_i$ 、 $a_i$  を用いて次のように表すことができる。

式31：

$$Y' = \sum_{i=1}^N a_i \lambda_i v_i$$

固有ベクトル  $v_i$  ( $i=1, 2, \dots, M$ ) の係数  $a_i$  と固有値  $\lambda_i$  の積の大きさ  $|a_i \lambda_i|$  が相対的に小さい成分は、操作量のバラツキに与える影響が大きく、かつ、膜厚に与える影響は小さい。そのため、 $a_i \lambda_i = 0$  としてもシート厚み  $Y'$  の大きさはほとんど変化しない。

式32：

$$|a_i \lambda_i| < \max_j (|a_j \lambda_j|) \cdot T_1$$

ここで  $\max_j (|a_j \lambda_j|)$  は  $|a_j \lambda_j|$  ( $j=1, 2, \dots, M$ ) の最大値である。

そこで次に、 $|a_i \lambda_i|$  をあらかじめ設定した所定の閾値  $T_1$  ( $0 < T_1 < 1$ ) を比較し、 $|a_i \lambda_i| < T_1$  であれば  $a_i = 0$  とする（ステップ3～5）。

次に、上記のように修正された  $a_i$  ( $i=1, 2, \dots, M$ ) を次式に導入し、修正後の操作量ベクトル  $U''$  を導出する（ステップ6）。

式33：

$$U'' = \sum_{i=1}^N a_i \cdot v_i$$



上式によって操作量を修正することによって、シート厚みをほとんど変化させないで、操作量を平準化することができる。閾値 $T_1$ を大きくすると、操作量ベクトル $U'$ から多くの種類の周波数成分を除去できるので、平準化の度合いを強めることができるが、膜厚に対する影響も大きくなる傾向にある。一方、閾値 $T_1$ を小さくすると、膜厚に対する影響は、より小さくなるが、平準化の度合いは弱くなる傾向にある。閾値 $T_1$ の値は、0.01以上0.5以下がより好ましい。

また、操作量ベクトル $U'$ から除去する固有ベクトル $v_i$ を $a_i$ に依存して変更するのではなく、次式を満たす固有値 $\lambda_i$ に対応する $a_i$ を1として、前記式31によって操作量を修正しても良い。

式34：

$$|\lambda_i| < \max_j (|\lambda_j|) \cdot T_2$$

ここで、 $0 < T_2 < 1$ であり、 $0.01 \leq T_2 \leq 0.5$ がより好ましい。

最後に、修正後の操作量を厚み調整手段に出力する（ステップ7）。

本発明において、平準化を行う周期としては、毎回の制御周期毎に行っても、間欠的に行ってもよい。また、所定の条件を満たす場合に実行することも好ましい態様である。たとえば、連続するM個の厚み調整手段に出力する操作量の分散値を求め、この値が予め定めた値以上になった場合、M個の厚み調整手段に出力する操作量の最大値と最小値の差が予め定めた値以上になった場合、または、隣接する厚み調整手段に出力する操作量の差が予め定めた値以上になった場合などに平準化を実行することも好ましい。

本発明において、平準化を行う厚み調整手段の個数Mは、2以上N以下である。M=N、すなわちMを全ての厚み調整手段の個数Nとした場合、全ての厚み調整手段の操作量を一括して平準化できるので好ましい。また、MをNより小さい任意の値に設定してもよい。この場合、平準化の必要な部分についてのみ演算を行なうことにより、演算を簡略化できる。

次に本発明をプラスチックフィルムの製造に適用した別の好ましい実施形態例について説明する。

厚み調整手段 10 としては、ヒートボルトを用い、これらのヒートボルトに熱量を与えてヒートボルトの温度を変化させて、ヒートボルトを熱膨張、収縮させることによりダイ 4 の間隙 11 を調整するヒートボルト方式や、リップヒーターを用い、重合体の温度を変化させて重合体の粘性率の変化によりダイ 4 から押し出される重合体の押し出し量を変えることにより、シート 1 の厚みを調整するリップヒーター方式などがある。

上記のように、ヒートボルト方式およびリップヒーター方式は、温度を調整することによって、シートの厚みを調整している。

ヒートボルト方式では、厚み調整手段 10 の温度を上げると口金の間隙が狭くなるのでシートの厚みは薄くなる。逆にリップヒーター方式では、温度を上げると重合体の粘度が低くなるために口金から押し出される量が増えるのでシートは厚くなる。

このような加熱型厚み調整手段の温度調整によるシートの厚み制御方法においては、温度を上げる場合には、前述のように強制的に温度調整手段 10 に電力を加えるなどして加熱しているが、温度を下げる場合には、自然放熱している場合が多い。

このような方法では、温度を上げる場合と下げる場合で、シート厚みの時間変動が異なり、温度を上げる場合に比べて、温度を下げる場合は、シートの厚みの時間変動が遅くなる。

そのため、厚み調整手段が加熱型厚み調整手段であり、操作量の制御が前記加熱型厚み調整手段に加える熱量を制御するものである場合には、該熱量を減らすときには増やすときに比べて熱量の変化量が大きくなるようにすることが好ましい。

本実施形態例における制御手段 9 は、第 4 図に示すように、操作量演算手段 21 によって、上記シート 1 の厚み測定値 24 と目標厚み値との差値 25 に基づいて、熱量 23 を演算し、熱量をシート製造プロセス 26 の厚み調整手段 10 に加える。多くの場合、電気式のヒーターを使うので、結局この熱量は加熱型厚み調整手段に流す電流の形で与えられることが多い。

制御手段 9 は、前記フィルタ処理ずみの、厚み調整手段の数に個数を合わせた

偏差データに基づいて熱量を算出し、厚み調整手段 10 を制御する。

次に、ヒートボルトやリップヒーターの温度を変えたときのシート 1 の厚みの変動と、本発明に係る熱量の算出方法について説明する。

前述のとおりヒートボルト方式では、厚み調整手段 10 の温度を上げるとダイ 4 の間隙 11 が狭くなるのでシート 1 の厚みは薄くなる。逆に粘度方式では、温度を上げると重合体の粘度が低くなるためにダイ 4 から吐出される量が増えるのでシートは厚くなる。

ここで、ヒートボルト方式を例にとり、厚み調整手段 10 を加熱する場合と冷却する場合における、シートの厚みの時間変動について、第 12 図を用いて説明する。厚み調整手段 10 を加熱するためには、厚み調整手段に加える熱量を増やす。逆に、厚み調整手段 10 を冷却する場合には、厚み調整手段に加える熱量を減らす。

第 12 図には、逆方向に同じ熱量の変化量を与えて、ヒートボルトを加熱した場合におけるシート厚みの時間変動の 31 と、ヒートボルトを冷却した場合におけるシート厚みの時間変動 30 の概略図を示す。ヒートボルトを冷却した場合は、ヒートボルトを加熱した場合に比べてシートの厚み変動が遅いことがわかる。

また、第 13 図には、ヒートボルトを冷却する場合の、熱量が大きい場合と小さい場合における、シート厚みの時間変動の概略図を示す。

熱量が小さい場合のシートの厚み変動 36 に比べて、熱量が大きい場合のシートの厚み変動 35 の方が、素早くシート厚みが変わ動していることがわかる。

さらに、第 13 図には、熱量が小さい場合で、シート 1 の厚み変化の時定数が小さい（シート厚みが素早く変化する場合の、シート厚みの時間変動 37 を示す。厚み調整手段 10 に熱量を加えてから一定時間 34 経過した後では、シート 1 の厚み変動量は、熱量が大きい場合のシート 1 の厚み変動量と同じである。

したがって、上記一定時間 34 を制御周期とすると、熱量を大きくすることにより、この制御周期では時定数が小さい場合と同じシート 1 の厚み変動と考えることができる。つまり、第 11 図 (a) に示すように、基本熱量算出手段 21-1 により、応答性の非対称性を無視して、冷却時も加熱時と同じ応答性を有するものとして与えられるべき熱量（基本熱量）の変化量が算出された後に、前記変化

量を $\gamma$ 倍 ( $\gamma > 1$ ) となるように制御用熱量を求めることにより、ヒートボルトを冷却する場合の応答性を向上することができる。ここでは、ヒートボルトを加熱する場合を基準として、ヒートボルトを冷却する場合の熱量を大きくしたが、逆に、ヒートボルトを冷却する場合を基準として、ヒートボルトを加熱する場合の熱量を小さくする方法も用いることができる（第1の形態）。

また、第12図から、厚み調整手段10に熱量を加えてから一定時間34経過した後における、ボルトを加熱した場合におけるシート1の厚み変動量33と、ボルトを冷却した場合におけるシート1の厚み変動量32を比較すると、ボルトを加熱した場合におけるシート1の厚み変動量33の方が大きいことがわかる。

そこで、厚み測定値と目標値の差値に基づいて熱量を求める場合、前記差値が大きいほど熱量の変化量を大きくするような制御方法を採用する場合には、第11図(b)に示すように、制御用差値算出手段213により、冷却時は加熱時よりも差値が $\alpha$ 倍 ( $\alpha > 1$ ) となるように予め変換して制御用の差値となしてから熱量算出手段214により通常の制御計算を行って熱量を算出すると、熱量の変化量が大きくなり、第1の形態と同様、ボルトを冷却する場合の応答性を向上することができる（第2の形態）。

この場合においても、逆に加熱する場合には、冷却する場合に用いる前記測定値と前記目標値との制御用差値を $\beta$ 倍 ( $0 < \beta < 1$ ) して熱量を求め、加熱型厚み調整手段に加えてもよい（第3の形態）。

上記 $\alpha$ や $\beta$ 、 $\gamma$ は、プロセスゲインや加熱/冷却の時定数、制御周期を考慮して決定することが望ましい。また、 $\alpha$ や $\beta$ 、 $\gamma$ は一定値ではなく、目標厚み値と測定厚み値との差の大きさに応じて可変であってもよい。

上記の例では、通常の対称な制御計算を行う制御系の入力または出力に非対称性を与える手段を付加する形態をとったが、制御系自体をかかると非対称な制御出力を算出できるものとして構成してもよい。

次に本発明をプラスチックフィルムの製造に適用した、さらに別の好ましい実施形態例について説明する。

フィルムなどのシートを製造する設備においては、巻取機でシートが巻き取られるが、シートの幅方向のわずかな凹凸によって、第15図に示すような巻きこ

ぶ 5 2 が発生することがある。

従来、このような巻きこぶの発生を防止するために、巻取機の前に揺動装置を設けておき、シートを幅方向に、すなわち左右に蛇行させながら巻き取るようにしていた。このように、シートを左右に振り、幅方向で部分的に厚い箇所を左右に移動させることにより、巻きこぶの発生を防止することができる。

上記のようにシートを左右に移動させながら巻き取った場合には、この巻き取られたシートの端部が揃わない状態になり、従って巻き取った姿が悪いとともに、二次製品の加工工程に支障をきたすという問題があった。

そこで、シートの幅方向の厚み分布を測定し、前記厚み分布の測定値と、製品ロールの目標とする外形プロファイルに基づいて予め設定された第 1 の目標値との差の積分値を求め、前記積分値に基づいて幅方向の各部における第 2 の目標値を修正し、前記第 2 の目標値とシート厚み分布の測定値との差が小さくなるように前記所定の評価関数を用いて前記厚み調整手段に加える操作量を制御することが好ましい。

ここで、制御手段 9 の作用について、第 1 4 図を用いて詳細に説明する。まず、任意の測定開始時点から、各測定位置について、シート製造プロセス 2 6 によって成型されたシートの厚みを、厚み測定器 8 で測定された厚み測定値 2 4 と、厚み測定値に対応する位置の第 1 の目標値 4 2 との偏差 4 4 を積分手段 4 1 で積分する。

第 1 の目標値 4 2 は、目標とする製品ロールの幅方向の外径プロファイルをシート 1 枚あたりの値に換算した値を用いることが望ましい。上記外径プロファイルは、幅方向についてフラットでもよいし、太鼓型など、ユーザーの要求に合わせた任意のプロファイルを設定することができる。

次に、第 2 目標値修正手段 4 0 は、前記積分値に基づいて、積分値に対応する位置の第 2 の目標値 4 3 を修正する。第 2 の目標値はシート 1 枚の目標厚みなどに設定することができる。修正する方法としては、積分値の大きさに比例する量だけ対応する第 2 の目標値を修正する方法や、PID 制御などを用いることができる。このとき、予め第 2 の目標値に対して上限値、下限値を設定しておき、第 2 の目標値が上限値、下限値を超えて修正されないようにすることが望ましい。

操作量演算手段 21 は、前記修正された第 2 の目標値 43 と厚み測定値 24 の偏差データ 25 に対して、偏差が小さくなるように所定の評価関数を用いて厚さ調整手段 10 への操作量を決定する。ただしその前に偏差データ 25 に対してフィルタ処理を行うことが好ましい。フィルタ処理としては、シートの幅方向と同じ方向に移動平均処理することや、現時点以前の偏差データとの間で加重平均処理する手法などを用いることができる。シート製造直後は大きい厚みムラを、安定製造時は小さい厚みムラを修正するなど、製造工程の状態に応じて決定する方法が好適である。

また、シートの幅方向に配設された厚み調整手段 10 の数は、前記偏差データの測定数より少ない場合が多い。このような場合は、前記フィルタ処理された偏差データから、各厚み調整手段に対応するデータを採取する。このデータは、厚み分布の関数と最小自乗法等のフィッティングにより求めてもよいし、測定数が十分多いときには、単純に間引くことで求めてもよい。このとき、各々の厚み調整手段 10 と厚み測定値 24 の対応関係を予め求めておくことが望ましい。

そして次に、操作量演算手段 21 は、フィルタ処理をされ、厚み調整手段の数に個数を合わせた偏差データに基づいて操作量 23 を算出し、操作量出力手段 22 によってシート製造設備 26 の厚み調整手段 10 に加える。

上記方法では、第 1 の目標値 42 や第 2 の目標値 43、厚み測定値 24、偏差データ 44 や 25 は、全て厚み測定器 8 が測定した数と同じで、操作量演算手段 21 で各厚み調整手段 10 に対応する位置の値を取り、これらの値に基づいて操作量を演算することとしたが、第 1 の目標値 42 や第 2 の目標値 43、厚み測定値 24、偏差データ 44 や 25 を、予め各厚み調整手段 10 に対応する位置でのデータだけに間引いておくこともできる。また、第 2 の目標値の修正は、必ずしも頻繁に行う必要はないので、積分手段 41 で第 1 の目標値との差を積分するに際して、常にその時の最新値を使う必要はない。ゆえに、適宜時間的に間引いて測定した値を用いてもよいし、操作量演算手段 21 に用いる測定値とは別の手段で測定したものでもよい。また、第 2 の目標値の修正も長めの周期で行ってもよい。

また、プロセス固有の特性により、第 1 の目標値と製品ロールの外形プロファ

イルが異なる場合がある。このような場合に対しては、製品ロールの巻取幅の外径プロファイルを測定し、測定値に基づいて第1の目標値を修正することにより、製品ロールの外径プロファイルを改善することができる。製品ロールの外形プロファイルを測定する方法としては、触針式やレーザー変位計などを用いることができる。また、巻取開始直後は、巻取径が小さいので巻取開始から時間が経過した場合に比べて、一定長さあたり多く巻き取られる。従って、巻取径が小さい時の厚みムラは製品ロールのプロファイルに与える影響が大きい。そこで、シートの巻取径が大きくなるに従って、第2の目標値の修正量を小さくすることにより、巻取径の影響を受けずにシートを製造することができる。

また、シートの製造プロセスでは、一定長さの整数倍長さの製品ロールを作り、スリット工程後、前記一定長さ毎に巻き取り直して別に複数の製品ロールを作る場合がある。この場合、全ての製品ロールのプロファイルがよいことが好ましい。そこで、一つの製品ロールから一定長さ毎に別の複数の製品ロールを作る場合は、前記一定長さ毎に積分、リセットし、新たに測定値と予め設定された第1の目標値との差の積分値を求めることが好ましい。なお、リセットするまでの巻取長さは常に一定値である必要はなく、適宜必要な所定の値に達すればリセットするようにしてもよい。

ところで、ロールの巻き姿を悪化させる要因の一つはシートの厚みムラである。しかしながら、前記のように従来の厚みムラ低減技術には、種々の問題があった。発明者らは、鋭意検討の結果、シートの厚みムラのうち特定の成分を選択的に低減させることにより、シートの特性を変えることなく、また高生産性を維持しながら、しわやストリークなどの少ないロール形状の良好なロールが得られることを見出した。具体的には、シートの幅方向の厚みプロファイルを測定し、それをフーリエ変換して波数に分解したパワースペクトルについて、所定の波数  $a$  未満のパワーの平均値  $X_1$  が  $0.2 \times T^2$  以下かつ  $X_1$  が波数  $a$  以上のパワーの平均値  $X_2$  より小さくなるように、シートの厚みを制御する。発明者らの検討によれば、特定の波数以下の成分が巻き姿に対する影響が大きく、該波数  $a$  未満のパワーの平均値  $X_1$  が  $0.2 \times T^2$  以下であることにより、このシートを巻き取ったときに、巻き姿のムラを極めて小さくすることができる。ここで、 $T$  は、シートの平均厚

み ( $\mu\text{m}$ ) である。X1 は  $0.1 \times T^2$  以下であることが好ましい。また、該波数 a 以上のパワーの平均値 X2 については、前記パワーの平均値 X1 より大きくなるようにすることにより、シートの特性を変えることなく、高生産性を維持することができる。X1  $\leq 0.5 \times X2$  であることが好ましく、X1  $\leq 0.2 \times X2$  であることがより好ましい。

所定の波数 a は、シートの種類や製造条件に応じて設定すればよいが、 $3\text{ m}^{-1}$  以上  $30\text{ m}^{-1}$  以下の範囲から選ばれた任意の値とすることが好ましい。この波数以下の低周波成分は、厚みムラが積層されるのでロールの巻き姿が悪くなる。一方、この波数以上の高周波成分は、ロールの巻き姿にはあまり影響しない。

以下に図を引用しながら本発明をプラスチックフィルムの製造に適用した実施形態例に基づいて説明する。

プラスチックフィルム（以下フィルム）幅方向の厚みプロファイルの測定方法は以下の通りである。製品ロールの任意の層からフィルムを数枚～数十枚切り取り、接触式の測定器で離散的にサンプリングして測る方法などを用いることができる。測定のサンプリング間隔は  $1\text{ mm}$  以下が好ましい。また、上記測定をフィルム長さ方向の異なる位置で複数回行い、各測定で得られたパワースペクトルを平均してもよい。

得られたシート幅方向の厚みプロファイルを下記の式によってフーリエ変換し、各波数ごとのパワースペクトル P を得る。

$$P = F(\omega)F(\omega)^*$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-j\omega x} dx$$

ここで、 $f(x)$  はシート幅方向厚みプロファイル（単位は  $\mu\text{m}$ ）、 $F(\omega)$  は  $f(x)$  のフーリエ変換、 $x$  はシート幅方向の位置（単位は  $\text{m}$ ）、 $\omega$ （単位は  $\text{m}^{-1}$ ）は波数であり、 $F(\omega)^*$  は  $F(\omega)$  の共役複素数である。また、 $j$  は虚数で  $j^2 = -1$  である。



所定の波数  $a$  以上のパワースペクトルの平均値  $X_1$  および波数  $a$  未満のパワースペクトルの平均値  $X_2$  を求める。すなわち、 $X_1$  は、0 を超えて所定の波数  $a$  未満のパワースペクトルの平均値であり、フィルムの低周波成分の厚みムラが含まれる程度を示す。 $X_2$  は、所定の波数  $a$  以上のパワースペクトルの平均値であり、フィルムの高周波成分の厚みムラが含まれる程度を示す。 $X_2$  を求める際に計算する波数の上限としては、得られたパワースペクトルの上限までを用いてもよい。しかし、あまり高波数成分までを計算に入れると、ノイズを含むおそれがあるため、 $X_2$  は、所定の波数  $a$  以上、 $100\text{ m}^{-1}$  以下のパワースペクトルの平均値とすることが好ましく、所定の波数  $a$  以上、 $40\text{ m}^{-1}$  以下のパワースペクトルの平均値とすることがより好ましい。

所定の波数  $a = 1 / (\text{厚み調整手段の間隔} \times \text{シート幅方向延伸倍率})$  とすることが好ましい。これ以上の波数の厚みムラはロールの巻き姿には影響が少なく、かつ、厚み調整手段で制御することが困難である。

オシレーションをかけて巻き取ることにより厚みムラの影響をさらに低減できる。オシレーションとは、フィルムの巻き取りロールをフィルム幅方向に往復移動させながらフィルムを巻き取ることである。特に、 $0.5 \times (1 / \text{波数 } a) \leq (\text{オシレーション幅}) \leq 5 \times (1 / \text{波数 } a)$  の範囲のオシレーション幅でオシレーションをかけて巻き取ると、高波数の厚みムラの影響が巻き姿にはほとんど表れてこない。

前述のような制御動作演算を行う本発明のシートの製造方法を用いることで、シート厚みを素早く、高精度に所望の厚みプロファイルに制御できる。これにより、シートの厚みムラのうち低周波成分を効率よく取り除くことができる。

上記各実施形態例における制御手段の各動作は、コンピュータと、それを動作させるプログラムなどによって実現される。このようなプログラム及び各種の記憶手段のデータはフロッピーディスク、MO、CD-ROM等のコンピュータ読み取り可能な有形媒体や有線または無線のネットワークのような伝送手段を通じて流通される。

ここで、本発明を用いてシートを製造した実施例について説明する。

#### 実施例 1

第2図に示すシートの製造設備を用いて、厚さ2.7 $\mu$ mのポリエステルフィルムを製造した。製膜幅は3.5m、製膜速度は製品部で175m/分である。厚み調整手段10はカートリッジヒーターを内蔵したボルトを熱的に膨張収縮させてギャップ11を調整するヒートボルト方式を用い、厚み制御に使用したヒートボルトの数は45本である。厚み計8としては特公平4-522に記載の、光の干渉現象を利用した光干渉式厚さ計を使用した。この厚み計は、フィルムの幅方向に60秒の周期でスキャンしながら、フィルムの幅方向に対して15mm間隔でフィルム厚みを測定する。また、制御を行うタイミングは、厚み計のスキャン周期と同じ60秒とした。

式1のプロセスモデルとしては、ある1本のヒートボルトに所定の操作量を加えたときの、このヒートボルトに対応する測定位置近傍のシート厚み変化から下式のように定めた。この実施例において操作量とは、一定時間あたりに、ヒートボルトに熱量を加える時間の割合をいう。

式35：

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ y_{n-2} \\ y_{n-1} \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.315z^{-1} - 0.012z^{-1} + 1.57 \\ 0.012z^{-1} + 0.54z^{-1} - 0.714z^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.65 & 1 & 0.65 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.25 & 0.65 & 1 & 0.65 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.65 & 1 & 0.65 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.65 & 1 & 0.65 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.65 & 1 & 0.65 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.65 & 1 & 0.65 & 0.25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.65 & 1 & 0.65 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.65 & 1 & 0.65 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.65 & 1 & 0.65 & 0.25 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.65 & 1 & 0.65 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ u_{n-2} \\ u_{n-1} \\ u_n \end{bmatrix}$$

また、式10のL、P、mはそれぞれ0、10、7とし、式16に示す評価関数Jの係数 $\lambda_i$  ( $i=1, 2, \dots, P$ )、 $\psi_j$  ( $j=1, 2, \dots, m$ )はそれぞれ1.0、0.8とした。

まず、複数のヒートボルトに操作量を加えて故意に厚みむら（厚みの最大値と最小値の差を厚み平均値で割ったもの）を作り、本発明の方法によってフィルムの厚みを制御した。

さらに比較のため、同程度の厚みムラを作って、従来制御（PID制御）を用

いてフィルムの厚みを制御した。

第16図はPID制御を用いた制御結果、第17図本発明の技術による制御結果であり、第16図では約30分の制御で厚みむらは8.4%から7.4%までしか改善していないが、第17図では同様に約30分の制御で厚みむらは9.1%から1.4%に改善し、本発明による技術を用いることで、シート厚みを所望のプロファイルに素早く、かつ精度良く制御できることが確認できた。

#### 実施例2

次に、実施例1と同程度の厚みむらを作り、厚みむらが大きい制御開始直後は、操作量に関係する $\psi$ の寄与を低くして大きな操作量を加えるように、式16に示す評価関数Jの係数 $\lambda_i$  ( $i=1, 2, \dots, P$ )、 $\psi_j$  ( $j=1, 2, \dots, m$ )をそれぞれ1.0、0.5とし、厚みむらが5%になった時点で、それぞれを1.0、0.8に変えた。その結果、実施例1よりも素早く厚みむらを改善することができた。

#### 実施例3

次に、フィルム幅方向に対して中心から左右それぞれ35%を中央部、残り左右それぞれ15%を端部と設定し、中央部、端部それぞれ任意のヒートボルトに所定の操作量を加え、それぞれのヒートボルトに対応するシート厚み測定位置近傍のシート厚みが安定したときのシート厚み分布から、式2の $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ を、中央部では、 $\alpha_1=0.6$ 、 $\alpha_2=0.2$ 、端部では $\alpha_1=0.7$ 、 $\alpha_2=0.3$ と定め、実施例1、2と同程度の、シート全幅にわたる厚みむらを作り、本発明の方法を適用してフィルムの厚みを制御した。その結果、実施例1、2よりもさらにフィルム全幅にわたって厚みが均一になり、安定して製膜ができた。

#### 実施例4

以上説明した第2図に示すシートの製造設備を用いて、厚さ $2.7\mu\text{m}$ のポリエステルフィルムを製造した。厚み調整手段10はカートリッジヒーターを内蔵したボルトを熱的に膨張収縮させてギャップ11を調整するヒートボルト方式を用い、厚み制御に使用したヒートボルトの数は45本であり、各ボルトは20mmピッチで配設されている。厚さ測定器8としては光の干渉現象を利用した光干渉式厚さ計を使用した。製膜幅は3.5m、製膜速度は製品部で175m/分で

ある。

本実施例では、第5図の制御手段決定のフローに従い、まずプロセスモデルを作成するために、任意のヒートボルトの操作量をステップ状に変化させて厚みの変化を測定する、ステップ応答テストを行った。端部と中央部とでそれぞれステップ応答テストを行って厚みの変化を測定した結果、

- (1) 端部では中央部よりプロセスゲインが小さいこと
- (2) 干渉率が端部と中央部で異なること
- (3) 中央部を全幅の7割、両端部をそれぞれ1.5割ずつとするのが好適であることが明らかになった。

実測値は表1に示すと通りの値であった。

表1

		中央部	端部
プロセスゲイン		0.05 $\mu\text{m}/\%$	0.03 $\mu\text{m}/\%$
干渉率	制御位置	1.0	1.0
	1本離れ位置	0.6	0.7
	2本離れ位置	0.2	0.3
むだ時間 T <sub>d</sub>		8.0 sec	
時定数 T		16.0 sec	

ここで、プロセスゲインはヒートボルトへの操作量を変化させたときのシート厚みの変化の割合を示したものである。ヒートボルトの操作量は、一定時間（10秒間）のうちヒートボルトへ一定電力を供給する時間の割合を百分率表示したもので表しており、したがってプロセスゲインの単位は $\mu\text{m}/\%$ である。

一方、干渉率はあるヒートボルトを操作したとき、操作位置、ヒートボルト1本分離れた位置および2本分離れた位置におけるシート厚みの変化を、操作位置における変化を1として割合表示したものである。

このステップ応答テストの結果より、本実施例ではプロセスゲインと干渉の 2 種類のプロセス特性が端部と中央部で異なるプロセスモデルを作成した。

すなわち、ヒートボルトの対応位置における厚み変化  $Y_i$  とヒートボルトに加える操作量変化  $U_i$  との静的関係式を中央部は、

$$Y_i = 0.05 * (0.2U_{i-2} + 0.6U_{i-1} + U_i + 0.6U_{i+1} + 0.2U_{i+2}) \quad (1)$$

端部は、

$$Y_i = 0.03 * (0.3U_{i-2} + 0.7U_{i-1} + U_i + 0.7U_{i+1} + 0.3U_{i+2}) \quad (2)$$

と表した。ここで、

$U_i$ :  $i$  番位置ヒートボルトの操作量変化 [%]

$Y_i$ : 対応位置における厚み変化 [ $\mu\text{m}$ ]

さらに、ヒートボルトを操作してからその影響を観測するには時定数とむだ時間を伴うので、プロセスモデルの動特性として、時定数  $T$  とむだ時間  $T_d$  が存在するとした。時定数  $T$  とむだ時間  $T_d$  は前記のステップ応答テストから同定したが、本実施例では表 1 に示すように端部と中央部で等しい値が得られた。

第 18 図は上記に従って得られたプロセスモデルに基づいて決定した制御器を用いて、プラスチックフィルムを製造しはじめてから十分時間が経って安定したときのシート厚みの制御結果を示したものである。制御範囲は 11 番ボルトから 52 番ボルトまで（製品フィルムにおける端部から 600mm の位置から同じく 310mm の位置に対応する）で、中央部を 18 番ボルトから 45 番ボルトの範囲とした。図に示すように全幅にわたって厚みが均一になり、安定して製膜ができた。

一方、第 19 図は全幅で

$$Y_i = 0.05 * (0.2U_{i-2} + 0.6U_{i-1} + U_i + 0.6U_{i+1} + 0.2U_{i+2}) \quad (3)$$

としたプロセスモデルに基づいて決定した制御器を用いて、プラスチックフィルムを製造したときのシート厚みの制御結果を示したものであるが、端部での実際のプロセスゲインが小さいのに対して、制御系のゲインを中央部に合わせたので全体のゲインが不足し、厚み制御安定性が悪く、十分時間が経っても厚みムラが残る結果となった。

#### 実施例 5

ここで、本発明を用いてプラスチックフィルムを製造した実施例について説明

する。

第2図および第3図に示した製造設備を用い、厚み調整手段10としてヒートボルト方式を用い、40個の厚み調整手段を有するダイ4を用いてプラスチックフィルムを製造した。

この実施例において操作量とは、一定時間あたりに、ヒートボルトに熱量を加える時間の割合をいう。

式20の干渉行列の成分は、フィルム製造プロセスを解析して $\alpha_1 = 0.75$ 、 $\alpha_2 = 0.35$ とした。

平準化は第9図に示すように自動で行い、第9図のステップ3における閾値Tは15%、修正量aは-5%とした。また、一度に修正する厚み調整手段の数は両隣との操作量の差が大きなものとその両隣2本ずつの合計5本とした。

式21において、 $\varepsilon_i = 0$  ( $i = 1, 2, \dots, 5$ )とし、式22~24に示すように擬似逆行列を用いて平準化を行った。

各操作量に対して $D_i$ を求め、 $|D_i| > T = 15$ 、 $|D_{i-1}| > T = 15$ 、かつ $D_i \times D_{i-1} < 0$ となる $D_i$ があったとき、式22によって、操作量の修正量を求めた。

シート厚みの制御中のある時刻における操作量のパターンは第20図のようになり、隣り合う厚み調整手段に出力する操作量の差値のパターンは第21図のようになった。第20図、第21図において、グラフの縦軸は操作量の大きさと、ここでは所定時間あたりに一定の熱量をヒートボルトに出力する時間の割合を表している。位置 $i+1$ の操作量の値が両隣より約20%突出して多くなっている。第21図において、 $D_i$ と $D_{i+1}$ が閾値より大きくなり、かつ異符号となり、操作量40 ( $= u_{i+1}$ ) に対して平準化を行ったところ、式22において、修正量 $b_i$ は、 $b_1 = b_4 = -1.0\%$ 、 $b_2 = b_3 = 3.0\%$ となった。

算出した修正量を、操作量に加えて厚み調整手段に出力した。

第22図に、操作量60を出力した位置 $i+1$ の厚み調整手段に対応する厚み測定値の、時間変化を示す。シート厚みは時間的にほとんど変化しなかった。

比較として、第20図と同様の操作量のパターンに対して、特開平7-329147号公報に記載の方法で、操作量60と両隣の操作量の差が10%以下にな

るように操作量を修正した場合のシート厚みの時間変化を第23図に示す。シート厚みが大きく変化し、シートの品質を損なう結果となった。

#### 実施例6

ここで、本発明を用いてプラスチックフィルムを製造した実施例について説明する。

第2図および第3図に示した製造設備を用い、厚み調整手段10としてヒートボルト方式を用い、38個の厚み調整手段を有する口金4を用いてプラスチックフィルムを製造した。

この実施例において操作量とは、一定時間あたりに、ヒートボルトに熱量を加える時間の割合をいう。

式28の干渉行列の成分は、フィルム製造プロセスを解析して $\beta_1 = 0.75$ 、 $\beta_2 = 0.35$ とした。

操作量の平準化は38個の厚み調整手段に出力する操作量の標準偏差が3%以上のときに実行することとした。 $M = 38$ 、式1における $T_1 = 0.05$ として、38個全ての操作量を平準化し操作量の修正を行った。

シート厚みの制御中のある時刻における操作量のパターンは第24図のようになった。第24図において、グラフの縦軸は操作量の大きさと、ここでは所定時間あたりに一定の熱量をヒートボルトに出力する時間の割合を表している。このとき、操作量の標準偏差は3.5%であったので、操作量の平準化を行った。第25図に平準化後の厚み調整手段に与える操作量パターンを示す。このとき、操作量の標準偏差は2.3%となり、平準化をすることで操作量の標準偏差が小さくなった。また第26図に平準化前のシート厚み形状を、第27図に平準化後のシート厚み形状を示す。平準化前後で厚み形状がほとんど変化しなかった。

比較として、第24図と同様の操作量のパターンに対して、特開平7-329147号公報に記載の方法を両隣の操作量の差が大きいところから両端の操作量の差が7%以下になるように操作量を順次修正し、操作量の標準偏差が2.3%になったときのシートの厚み形状を第28図に示す。シートの厚み形状は大きく変化した。

#### 実施例7

ここで、本発明を用いてプラスチックフィルムを製造した実施例について説明する。

第29図および第30図に、ヒートボルト方式を用いたフィルム製造プロセスにおいて、複数のボルトに一定の熱量を加えてボルトを押した場合と引いた場合における、フィルム厚みの時間変化の平均値71、73を示す。図中の破線72、74は71、73を関数近似したものである。この近似曲線72、74の変化が、全体の変化量の10%から90%（第29図および第30図中の破線75、76）まで変化するまでの時間を比べると、加熱する（押す）場合の方（72）が、冷却する（引く）場合（74）に比べて約1.4倍短い。第31図に、この状態で作られた製品ロールの外形プロファイル81を示す。引く動作が遅く十分でないので、外形プロファイルは全体的に目標値より薄くなっている。

そこで熱量の変化量を、冷却する場合には1.4倍して、先ほどと同様にフィルムを製造した。第31図には、このときの製品ロールの外形プロファイル82を示す。ボルトを冷却する場合の熱量を大きくすることにより、冷却時の応答性が向上したために、製品ロールの外形プロファイルのムラが全体的に減少した。

また、ヒートボルト方式の場合、測定値が目標値より小さい場合は、対応するヒートボルトを冷却するので、このような場合は、測定値と目標値との差を1.4倍として熱量を求めることにより、上記実施例と同様、製品ロールの外形プロファイルのムラが全体的に減少した。

#### 実施例8

ここで、本発明を用いてプラスチックフィルムを製造した実施例について説明する。

以上説明した第2図に示すシートの製造設備を用いて、厚さ2.7 $\mu$ mのポリエステルフィルムを製造した。厚み調整手段10はカートリッジヒーターを内蔵したボルトを熱的に膨張収縮させてギャップ11を調整するヒートボルト方式を用いた。厚み制御に使用したヒートボルトの数は45本であり、各ボルトは20mmピッチで配設されている。製品部のシート幅は3.5mであり、シート幅方向延伸倍率は3.5倍である。

操作量を演算する制御方法としては、シートの幅方向の厚み分布を測定するス



テップと、前記操作量とシート厚みとの関係を表すプロセスモデルと前記測定値とに基づいて予測される将来のシート厚み変化を評価する所定の評価関数が極小値となる操作量時系列を導出するステップと、該操作量時系列のうち少なくとも最初の操作量を前記厚さ調整手段に出力するステップとを所定のタイミングで繰り返す制御方法を用いた。

巻きあがったロールを3分割してそれぞれのロールの表層10枚を切り取り、接触式膜厚計で0.5mm間隔で測定したところ、パワースペクトル90は第32図のようになった。

波数 $a$ を、 $1 / (\text{厚み調整手段の間隔} \times \text{シート幅方向延伸倍率}) = 0.014$ として、 $a$ 以下の波数のパワースペクトル平均値 $X1$ 、 $a$ 以上の波数のパワースペクトル平均値 $X2$ を求めると、 $X1 = 25$ 、 $X2 = 120$ となり、 $X2$ に比べて $X1$ が十分小さな値となった。このフィルムの製品ロールの巻き姿は良好であった。

なお、上記各実施例においては、厚み調整手段としてヒートボルトを使用した。が、本発明における目的に合致したものであれば特に限定はなく、例えば、サーボモータや空気モータ等のアクチュエータやダイボルトを使用することも可能である。また、厚み調整手段の操作量を変化させる要素としては、通電時間や電圧以外の条件、例えば、ダイボルトの回転角やヒータ温度としてもよい。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明のシート製造方法は、シート厚みを素早く高速に所望の厚みプロファイルに制御できるため、シートの製造開始時に製品として合格する所定の厚みむらのレベルに達するまでの時間を短縮することができ、この間に製造する不良品の量を著しく削減できるとともに、製造効率を向上でき、シートのコストダウンが可能になる。また、製膜中に例えば延伸装置の温度分布が変わるなどの変化があつてシートの厚みプロファイルが変動したとしても、これを素早く所望のプロファイルに制御できるため、結果としてシートの厚み均一性が良くなり、シートの品質を向上することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 複数の厚み調整手段を備えたダイを用いて原料を押し出し、成形してシートとなすとともに、前記厚み調整手段に加える操作量を制御して前記シートの厚みを制御するシートの製造方法であって、前記シートの幅方向の厚み分布を測定するステップと、前記操作量とシート厚みとの関係を表すプロセスモデルおよび前記シート厚み測定値に基づいて予測される将来のシート厚み変化を所定の評価関数を用いて評価し、該評価関数が極小値となる操作量時系列を導出するステップと、導出された該操作量時系列のうち少なくとも最初の操作量を前記厚み調整手段に出力するステップとを所定のタイミングで繰り返すことを特徴とするシートの製造方法。

2. 前記所定の評価関数は、前記シート厚み変化および前記操作量の変化に基づくものである請求の範囲第1項に記載のシートの製造方法。

3. 前記所定の評価関数として、製造開始時と製造安定時とで異なる評価関数を使用し、かつ、製造開始時には製造安定時よりもシート厚み変化の寄与度が操作量の寄与度に対して高くなるものを使用する請求の範囲第2項に記載のシートの製造方法。

4. 前記プロセスモデルとして、伝達関数と少なくとも対角成分がゼロでない定数行列の積で表されるものを用いる請求の範囲第1項に記載のシートの製造方法。

5. 前記定数行列として、シート幅方向における端部と中央部とに対応する部分でそれぞれ異なる定数を用いる請求の範囲第4項に記載のシートの製造方法。

6. 厚み調整手段の数が $N$ 個 ( $N$ : 2以上の自然数)であって、算出された $i$ 番目 ( $i = 1, 2, \dots, N$ )の厚み調整手段の操作量とこれに近接する厚

み調整手段に出力する操作量との差が所定の値T以上である場合に、前記操作量の差が小さくなるように前記 i 番目の厚み調整手段に出力する操作量を修正するとともに、出力する操作量と、操作量を出力して十分時間が経過したときの、各厚み調整手段に対応する測定位置でのシート厚みとの静的な関係を表す静的プロセスモデルに基づいて前記近接する厚み調整手段に出力する操作量を修正し、修正後の各操作量を前記各厚み調整手段に出力する、請求の範囲第1項に記載のシートの製造方法。

7. 前記 i 番目の厚み調整手段に出力する操作量の修正量を a とするとき、この両隣それぞれ M1 個および M2 個 (M1、M2：自然数) の厚み調整手段に出力する操作量の修正量  $b_j$  ( $j = -M1, -M1+1, \dots, -1, 1, \dots, M2-1, M2$ ) を下式を用いて導出する、請求の範囲第6項に記載のシートの製造方法。

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{-M1} \\ \varepsilon_{-M1+1} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \varepsilon_{M2-1} \\ \varepsilon_{M2} \end{bmatrix} = A' \begin{bmatrix} b_{-M1} \\ b_{-M1+1} \\ \vdots \\ \vdots \\ b_{-1} \\ a \\ b_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ b_{M2-1} \\ b_{M2} \end{bmatrix}$$

ここで、 $A'$  は、前記静的プロセスモデルを  $Y = AU$  ( $U$  は  $N$  個の厚み調整手段に出力する操作量 ( $u_1, u_2, \dots, u_N$ ) ベクトル、 $Y$  は各操作量を出力したときの各厚み調整手段に対応する  $N$  個のシート厚み ( $y_1, y_2, \dots, y_N$ )、 $A$  は定数行列) と表すとき、行列  $A$  から、i 番目の厚み調整手段と、その両隣それぞれ M1 および M2 個連続した位置に配設された ( $M1 + M2$ ) 個の厚み調整

手段に対応する部分を抽出した  $(M_1 + M_2 + 1) \times (M_1 + M_2 + 1)$  の大きさの行列であり、 $\varepsilon_i$  ( $i = -M_1, -M_1 + 1, \dots, M_2 - 1, M_2$ ) は 0 または有限の値である。

8. 厚み調整手段の数が  $N$  個 ( $N: 2$  以上の自然数) であって、該厚み調整手段の操作量のうち連続する  $M$  個 ( $M: 2$  以上かつ  $N$  以下の自然数) の厚み調整手段に出力する操作量のバラツキが小さくなるように、前記連続する  $M$  個の厚み調整手段に出力する操作量と、操作量を出力して十分時間が経過したときの、各厚み調整手段に対応する測定位置でのシート厚みとの静的な関係を表す静的プロセスモデルに基づいて、前記連続する  $M$  個の厚み調整手段に出力する操作量を修正する、請求の範囲第 1 項に記載のシートの製造方法。

9. 前記連続する  $M$  個の厚み調整手段に出力する操作量  $(u_1', u_2', \dots, u_M')^T$  をベクトル  $U'$ 、各操作量を出力したときの各厚み調整手段に対応する  $M$  個のシート厚み  $(y_1', y_2', \dots, y_M')^T$  をベクトル  $Y'$  とし、静的プロセスモデルを  $Y' = A' U'$  ( $A'$  は、 $M \times M$  の大きさの行列) と表すとき、該修正前の操作量ベクトル  $U'$  を、行列  $A'$  の  $M$  個の固有ベクトル  $v_i$  ( $i = 1, 2, \dots, M$ ) で分解したときのそれぞれの固有ベクトルの係数  $a_i$  ( $i = 1, 2, \dots, M$ ) と前記固有ベクトルに対応する固有値  $\lambda_i$  ( $i = 1, 2, \dots, M$ ) と所定の閾値  $T_1$  ( $0 < T_1 < 1$ ) を用いて、修正後の操作量ベクトル  $U'' = (u_1'', u_2'', \dots, u_M'')^T$  を下式によって導出する請求の範囲第 8 項に記載のシートの製造方法。

$$U'' = \sum_{i=1}^N f_i(a_i, \lambda_i) \cdot v_i$$

$$f_i = \begin{cases} a_i, & (|a_i \lambda_i| \geq \max_j (|a_j \lambda_j|) \cdot T_1) \\ 0, & (|a_i \lambda_i| < \max_j (|a_j \lambda_j|) \cdot T_1) \end{cases}$$

10. 前記連続するM個の厚み調整手段に出力する操作量  $(u_1', u_2', \dots, u_M')$   $^T$  をベクトル  $U'$ 、各操作量を出力したときの各厚み調整手段に対応するM個のシート厚み測定値  $(y_1', y_2', \dots, y_M')$   $^T$  をベクトル  $Y'$  とし、前記静的プロセスモデルを  $Y' = A' U'$  ( $A'$  は、 $M \times M$  の大きさの行列) と表すとき、該修正前の操作量ベクトル  $U'$  を、行列  $A'$  のM個の固有ベクトル  $v_i$  ( $i = 1, 2, \dots, M$ ) で分解したときのそれぞれの固有ベクトルの係数  $a_i$  ( $i = 1, 2, \dots, M$ ) と前記固有ベクトルに対応する固有値  $\lambda_i$  ( $i = 1, 2, \dots, M$ ) と所定の閾値  $T_2$  ( $0 < T_2 < 1$ ) を用いて、修正後の操作量ベクトル  $U'' = (u_1'', u_2'', \dots, u_M'')$   $^T$  を下式によって導出する請求の範囲第8項に記載のシートの製造方法。

$$U'' = \sum_{i=1}^N f_i(a_i, \lambda_i) \cdot v_i$$

$$f_i = \begin{cases} a_i, & (|\lambda_i| \geq \max_j (|\lambda_j|) \cdot T_2) \\ 0, & (|\lambda_i| < \max_j (|\lambda_j|) \cdot T_2) \end{cases}$$

11. 厚み調整手段が加熱型厚み調整手段であり、操作量の制御が前記加熱型厚み調整手段に加える熱量を制御するものであって、該熱量を減らすときには増やすときに比べて熱量の変化量が大きくなるようにする、請求の範囲第1項に記載のシートの製造方法。

12. シートの幅方向の厚み分布を測定するステップにおいて前記厚み分布の測定値と、製品ロールの目標とする外形プロファイルに基づいて予め設定された第1の目標値との差の積分値を求め、前記積分値に基づいて幅方向の各部における第2の目標値を修正し、前記第2の目標値に基づいて前記所定の評価関数を修正する、請求の範囲第1項に記載のシートの製造方法。

13. シートの幅方向の厚み分布を測定する厚み測定手段によって測定され

た幅方向の各部のシート厚み測定値に基づいて対応する位置のシートの厚み調整手段へ操作量を与える制御装置であって、前記操作量とシート厚みとの関係を表すプロセスモデルおよび前記シート厚み測定値に基づいて求められる将来のシート厚み変化を所定の評価関数を用いて評価し、該評価関数が極小値となる操作量時系列を導出する操作量時系列導出手段と、導出された該操作量時系列のうち少なくとも最初の操作量を前記厚み調整手段に出力する操作量出力手段とを備えたことを特徴とするシートの厚み制御装置。

14. 前記操作量時系列導出手段は、前記所定の評価関数として、製造開始時と製造安定時とで異なる評価関数を使用し、かつ、製造開始時には製造安定時よりもシート厚み変化の寄与度が操作量の寄与度に対して高くなるものを使用するものである請求の範囲第13項に記載のシートの厚み制御装置。

15. 前記プロセスモデルとして、伝達関数と少なくとも対角成分がゼロでない定数行列の積で表されるものを用いる請求の範囲第13項に記載のシートの厚み制御装置。

16. 前記操作量時系列導出手段は、前記定数行列として、シート幅方向における端部と中央部とに対応する部分でそれぞれ異なる定数を用いる請求の範囲第13項に記載のシートの厚み制御装置。

17. 厚み調整手段の数が $N$ 個 ( $N$ : 2以上の自然数) であって、各厚み調整手段への操作量を算出する操作量算出手段と、算出された $i$ 番目 ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) の厚み調整手段の操作量と近接する厚み調整手段に出力する操作量との差が所定の値 $T$ 以上である場合に、前記操作量の差が小さくなるように前記 $i$ 番目の厚み調整手段に出力する操作量を修正するとともに、出力する操作量と操作量を出力して十分時間が経過したときの、各厚み調整手段に対応する測定位置でのシート厚みとの静的な関係を表す静的プロセスモデルに基づいて前記近接する厚み調整手段に出力する操作量を修正する操作量修正手段を備えている

請求の範囲第 13 項に記載のシートの厚み制御装置。

18. 厚み調整手段の数が $N$ 個 ( $N$ : 2 以上の自然数) であって、厚み調整手段の操作量のうち連続する $M$ 個 ( $M$ : 2 以上かつ $N$ 以下の自然数) の厚み調整手段に出力する操作量のバラツキが小さくなるように、出力する操作量と操作量を出力して十分時間が経過したときの、各厚み調整手段に対応する測定位置でのシート厚みとの静的な関係を表す静的プロセスモデルに基づいて、前記連続する $M$ 個の厚み調整手段に出力する操作量を修正する操作量修正手段を備えている請求の範囲第 13 項に記載のシートの厚み制御装置。

19. シートの幅方向の各部の厚み測定値と製品ロールの目標とする外形プロフィールに基づいて予め設定された第 1 の目標値との差の積分値を求める積分手段と、前記積分手段の出力値に基づいて幅方向各部における第 2 の目標値を修正する第 2 目標値修正手段と、前記第 2 目標値修正手段の出力値とシート厚み測定値との差に基づいて厚み調整手段に加える操作量を算出する操作量算出手段を備える、請求の範囲第 13 項に記載のシートの厚み制御装置。

20. シートの幅方向の各部の厚みの測定値を入力するステップと、前記各部の厚みの目標値と前記測定値との差を算出するステップと、前記各部の差に基づいて厚み調整手段に加える操作量を算出するステップとを所定のタイミングで繰り返す動作をコンピュータに実現させるプログラムであって、前記操作量を算出するステップは、前記操作量とシート厚みとの関係を表すプロセスモデルおよび前記シート厚み測定値に基づいて予測される将来のシート厚み変化を所定の評価関数を用いて評価し、該評価関数が極小値となる操作量時系列を導出するステップと、導出された該操作量時系列のうち少なくとも最初の操作量を前記厚み調整手段に出力するステップを含むことを特徴とするプログラム。

21. 前記操作量とシート厚みとの関係を表すプロセスモデルおよび前記シート厚み測定値に基づいて求められる将来のシート厚み変化を所定の評価関数を

用いて評価する際に、厚み調整手段の操作量とシート厚みとの関係がシート幅方向の端部と中央部とに対応する部分においてそれぞれ異なるプロセスモデルを用いる請求の範囲第20項に記載のプログラム。

22. 厚み調整手段の数が $N$ 個 ( $N$ : 2以上の自然数)であって、前記操作量を算出するステップは、算出された $i$ 番目 ( $i = 1, 2, \dots, N$ )の厚み調整手段の操作量と近接する厚み調整手段に出力する操作量の差が所定の値 $T$ 以上である場合に、前記操作量の差が小さくなるように前記 $i$ 番目の厚み調整手段に出力する操作量を修正するとともに、出力する操作量と操作量を出力して十分時間が経過したときの、各厚み調整手段に対応する測定位置でのシート厚みとの静的な関係を表す静的プロセスモデルに基づいて前記近接する厚み調整手段に出力する操作量を修正し、修正後の各操作量を前記各厚み調整手段に出力するステップを含んでいる請求の範囲第20項に記載のプログラム。

23. 厚み調整手段の数が $N$ 個 ( $N$ : 2以上の自然数)であって、前記操作量を算出するステップは、算出された操作量のうち連続する $M$ 個 ( $M$ : 2以上かつ $N$ 以下の自然数)の厚み調整手段に出力する操作量のバラツキが小さくなるように、出力する操作量と操作量を出力して十分時間が経過したときの、各厚み調整手段に対応する測定位置でのシート厚みとの静的な関係を表す静的プロセスモデルに基づいて操作量を修正し、修正後の各操作量を前記各厚み調整手段に出力するステップを含んでいる請求の範囲第20項に記載のプログラム。

24. 前記操作量を算出するステップは、厚み分布の測定値と製品ロールの目標とする外形プロファイルに基づいて予め設定された第1の目標値との差の積分値を求めるステップと、前記積分値に基づいて各測定位置における第2の目標値を修正するステップと、前記各部の厚みの目標値と前記測定値との差を算出するステップと、前記第2の目標値とシート厚み測定値との差に基づいて前記シートの厚み調整手段に加える操作量を算出するステップとを含んでいる請求の範囲第20項に記載のプログラム



25. 厚み調整手段が加熱型厚み調整手段であり、操作量の制御が前記加熱型厚み調整手段に加える熱量を制御するものであって、前記操作量を算出するステップにおいて、熱量を減らすときには増やすときに比べて熱量の変化量が大きくなるように熱量を算出する請求の範囲第20項に記載のプログラム。

26. 請求の範囲第20項に記載のプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

27. 複数の厚み調整手段を備えたダイを用いて原料を押し出し、成形されたシートであって、以下の式

$$P = F(\omega)F(\omega)^*$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-j\omega x} dx$$

(ここで、 $f(x)$  はシート幅方向厚みプロファイル (単位は  $\mu\text{m}$ )、 $F(\omega)$  は  $f(x)$  のフーリエ変換、 $x$  はシート幅方向の位置 (単位は  $\text{m}$ )、 $\omega$  は波数 (単位は  $\text{m}^{-1}$ ) であり、 $F(\omega)^*$  は  $F(\omega)$  の共役複素数である。また、 $j$  は虚数で  $j^2 = -1$  である)

で表されるシート幅方向の厚みプロファイルのパワースペクトルおよび平均シート厚み  $T$  ( $\mu\text{m}$ ) が、

所定の波数  $a$  未満のパワーの平均値  $X_1$  が  $0.2 \times T^2$  以下、かつ、

$X_1$  が波数  $a$  以上のパワーの平均値  $X_2$  より小さい

関係にあることを特徴とするシート。

28. シート幅方向の厚みプロファイルのパワースペクトルについて、所定の波数  $a$  未満のパワーの平均値  $X_1$  が、波数  $a$  以上  $100\text{m}^{-1}$  以下のパワーの平

均値  $X_2$  より小さい請求の範囲第 27 項に記載のシート。

29.  $X_1 \leq 0.5 \times X_2$  である請求の範囲第 27 項に記載のシート。

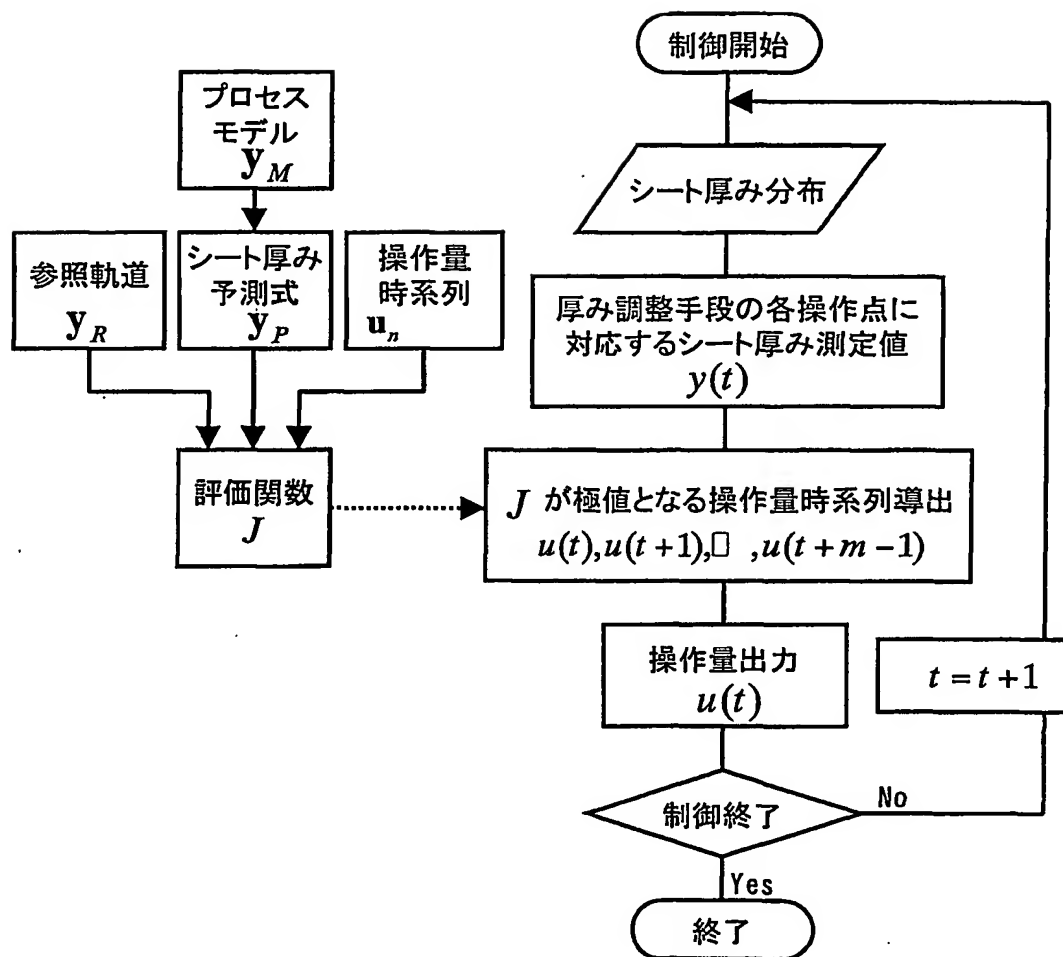
30. 波数  $a$  が  $3 \text{ m}^{-1}$  以上  $30 \text{ m}^{-1}$  以下である請求の範囲第 27 項に記載のシート。

31. 波数  $a = 1 / (\text{厚み調整手段の間隔} \times \text{シート幅方向延伸倍率})$  である請求の範囲第 27 項に記載のシート。

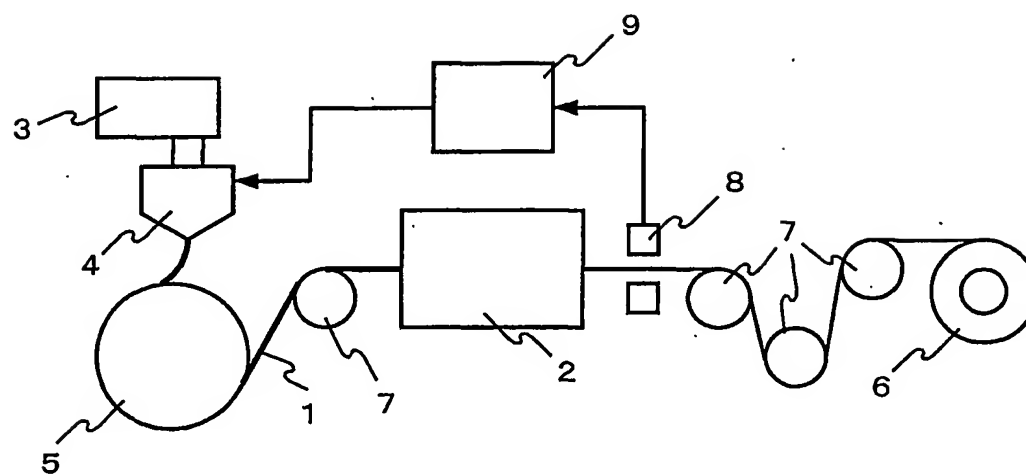
32.  $0.5 \times (1 / \text{波数 } a) \leq (\text{オシレーション幅}) \leq 5 \times (1 / \text{波数 } a)$  である請求の範囲第 27 項に記載のシート。

33. シートがプラスチックフィルムである請求の範囲第 27 項に記載のシート。

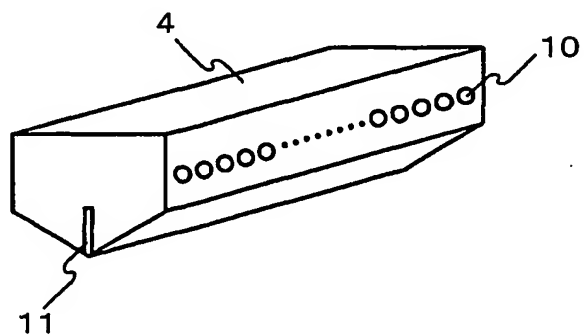
第1図



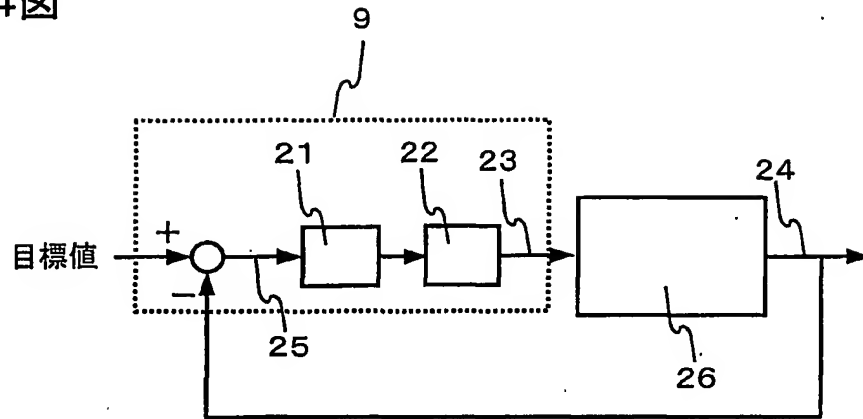
第2図



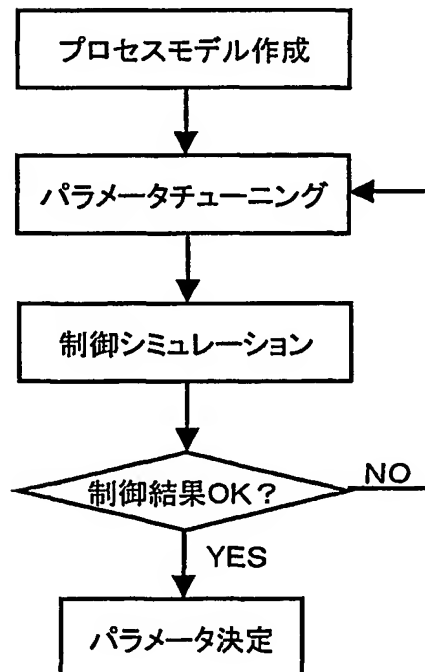
第3図



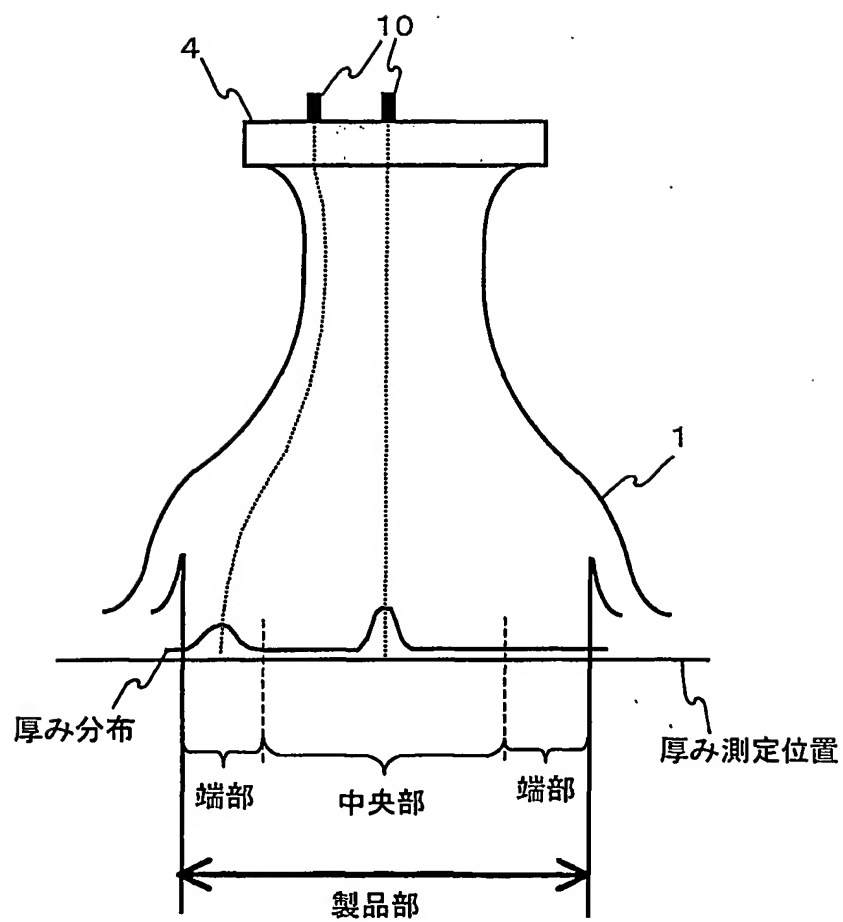
第4図



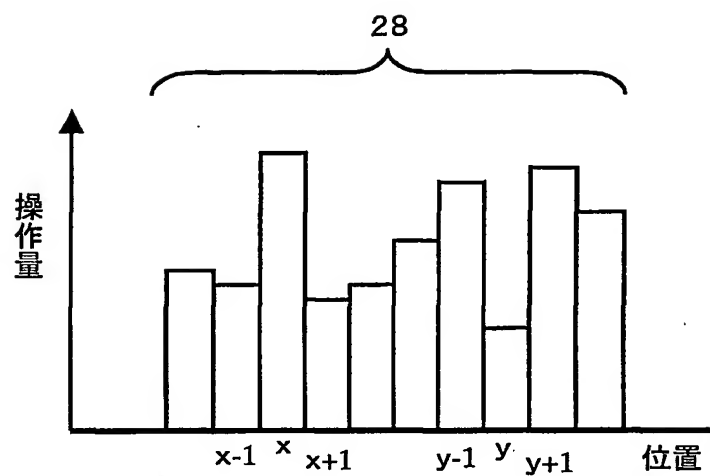
第5図



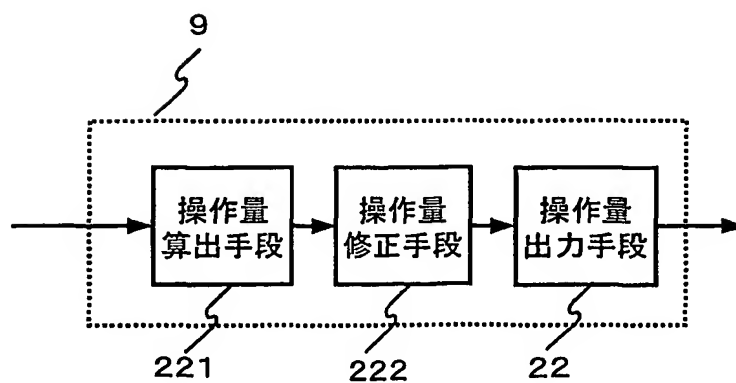
第6図



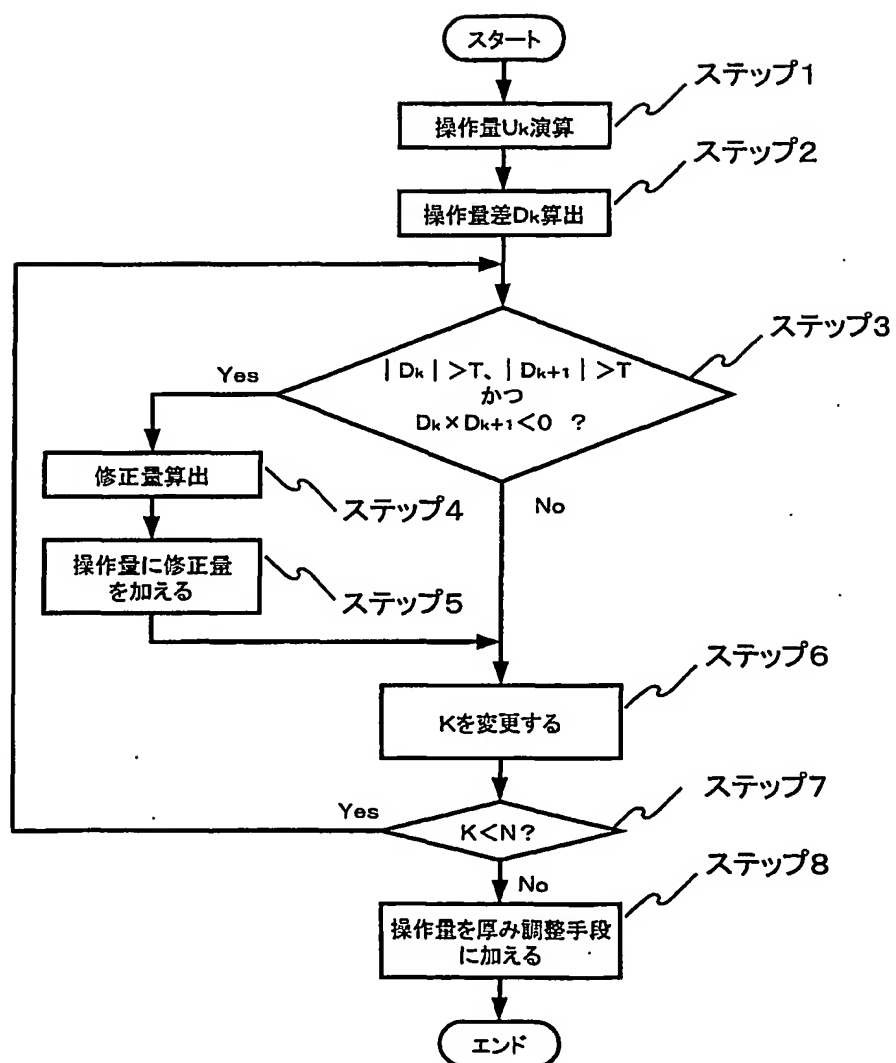
第7図



第8図

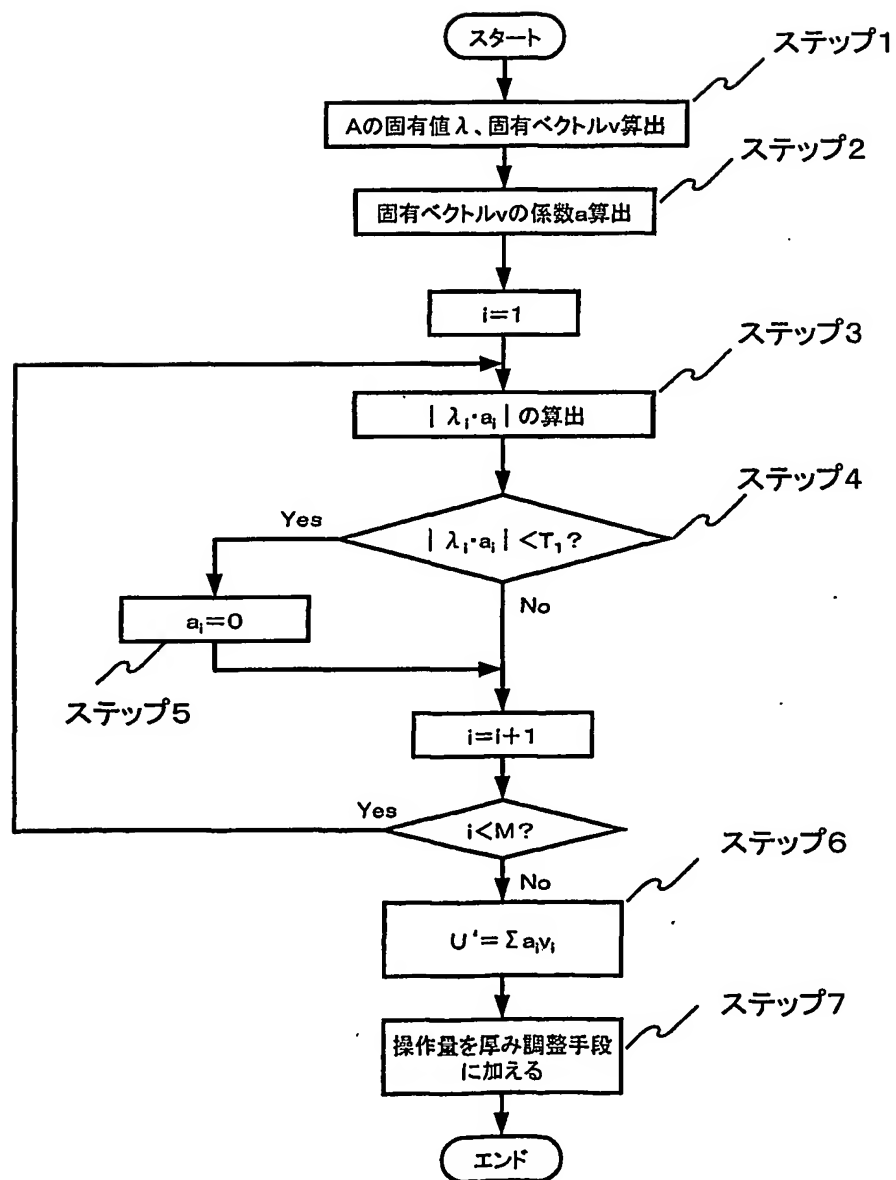


第9図

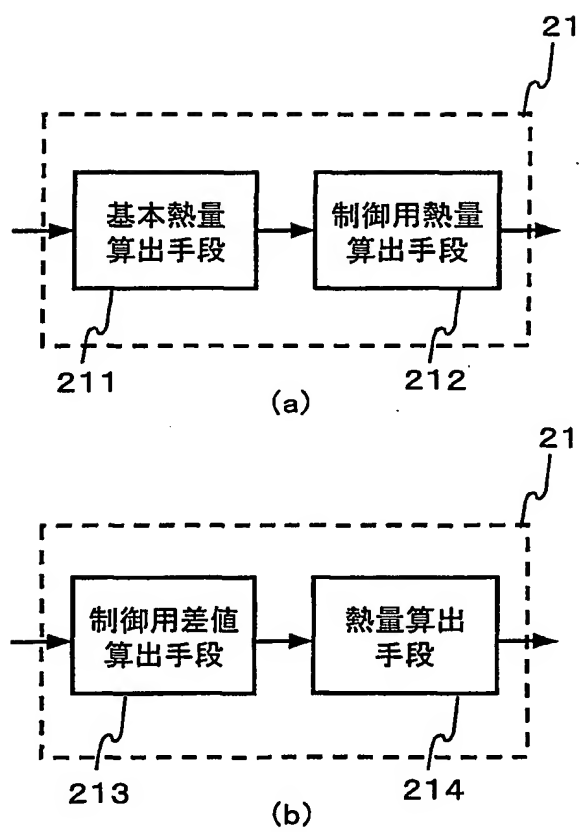




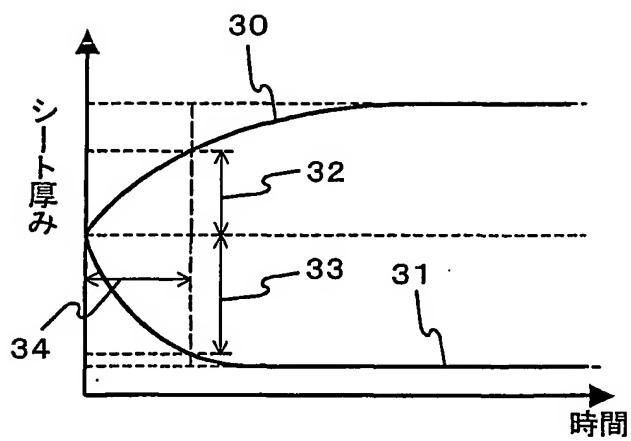
第10図



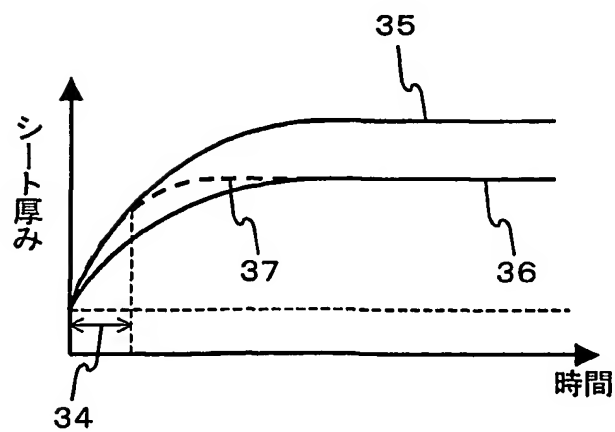
第11図



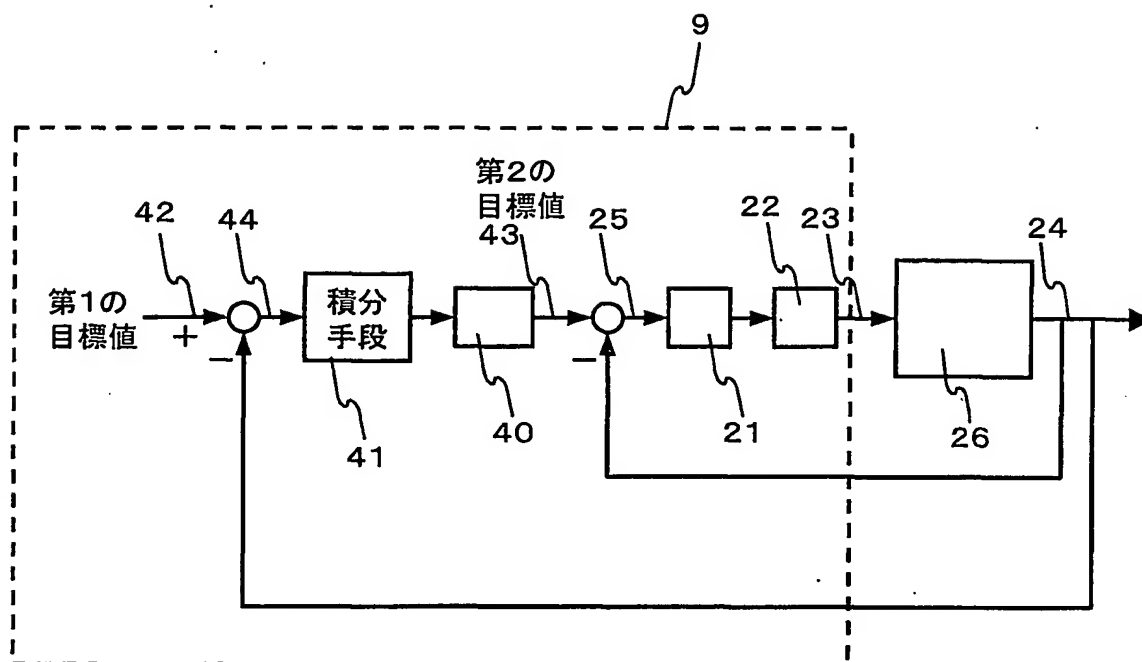
第12図



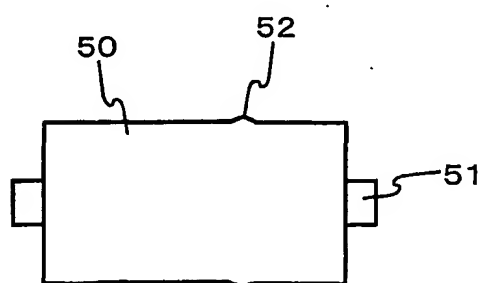
第13図



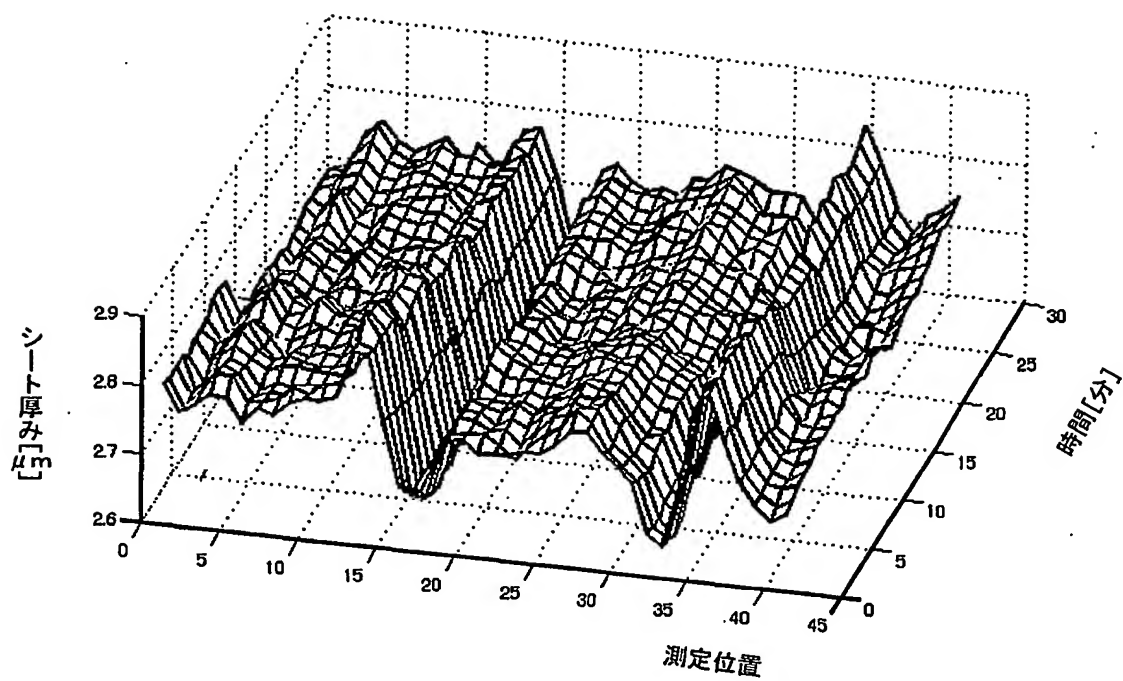
第14図



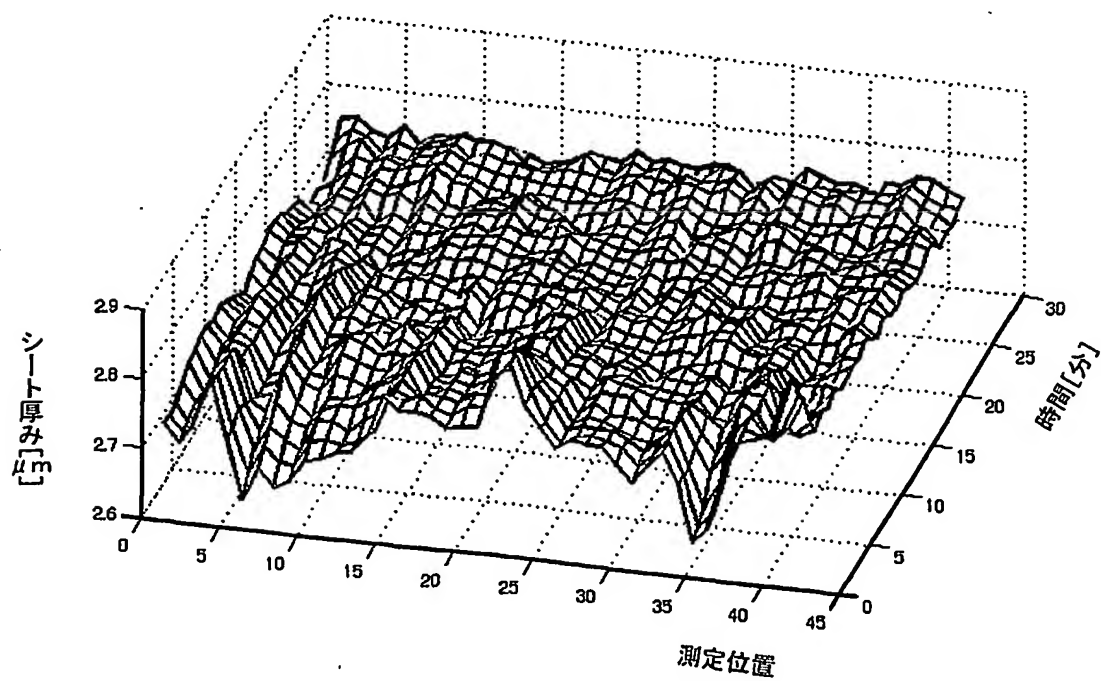
第15図



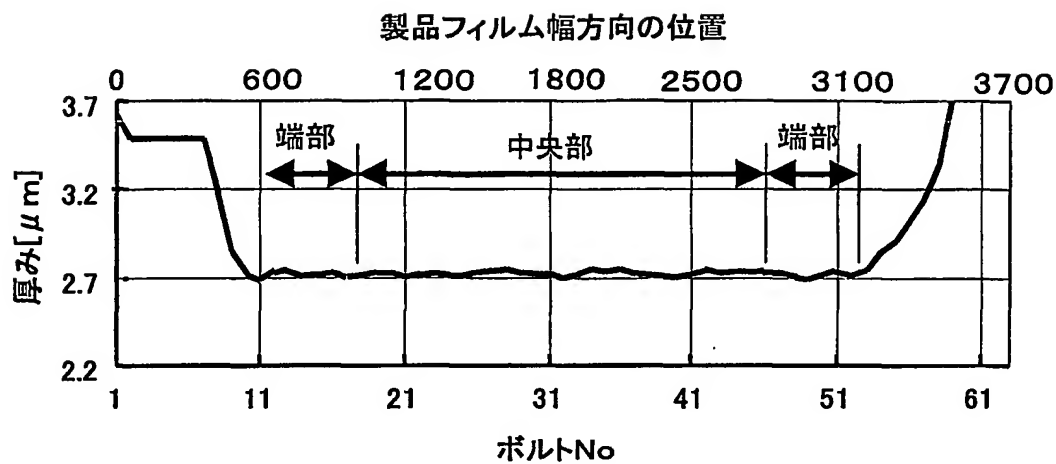
第16図



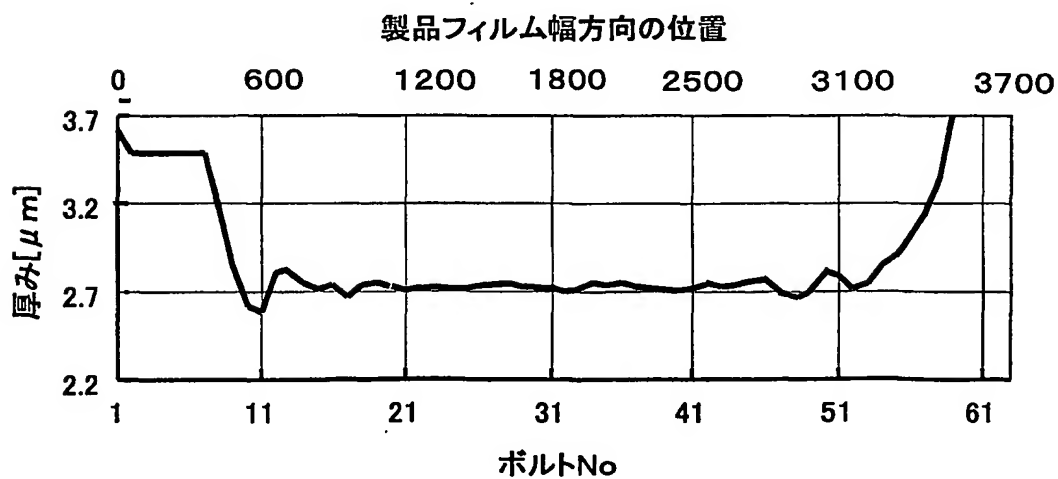
第17図



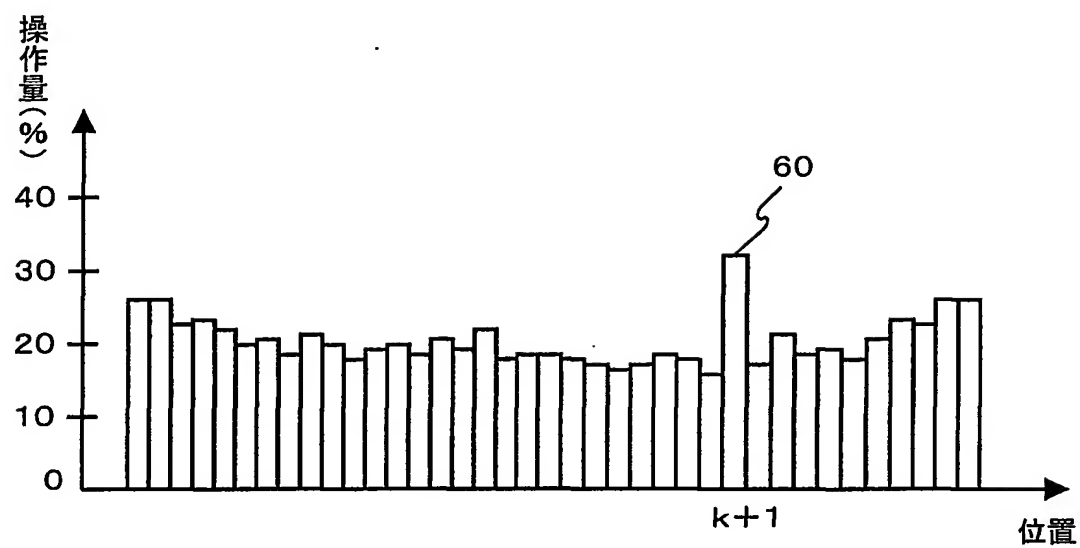
第18図



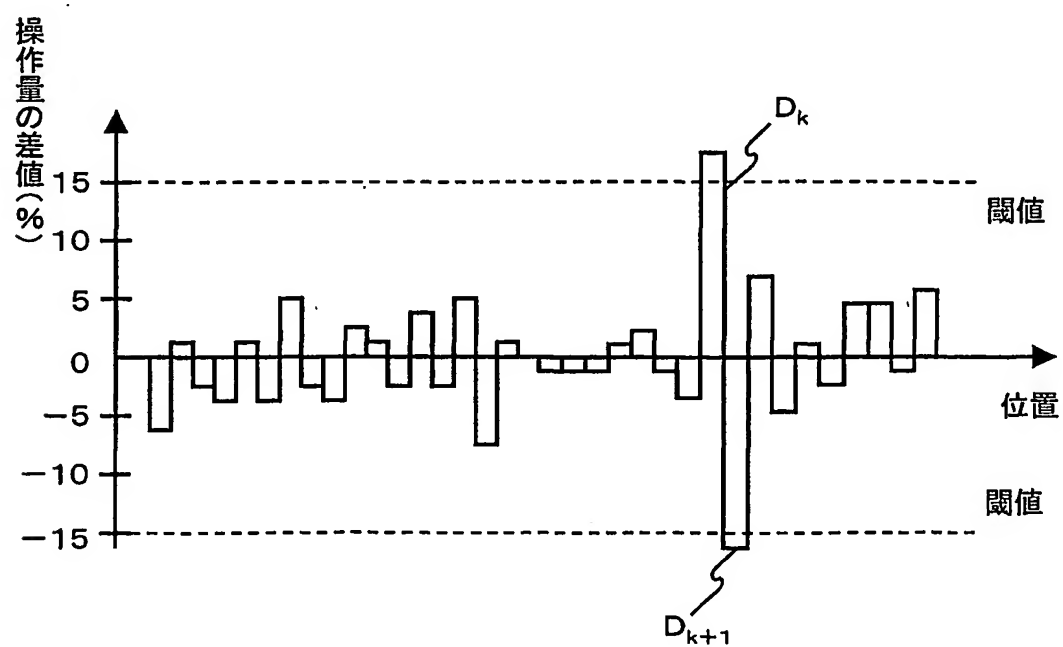
第19図



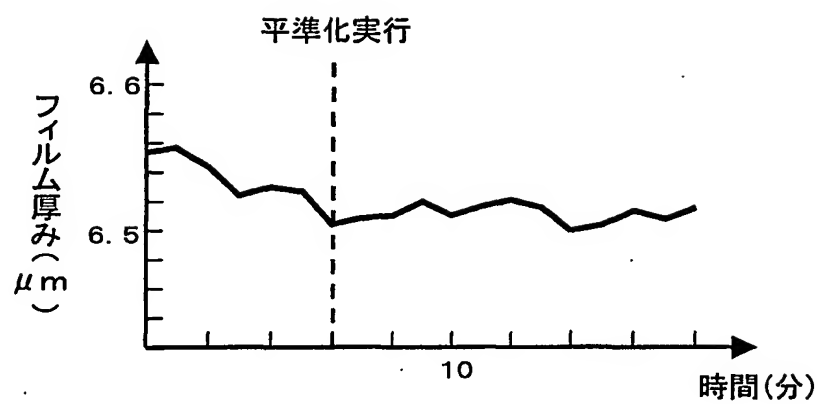
第20図



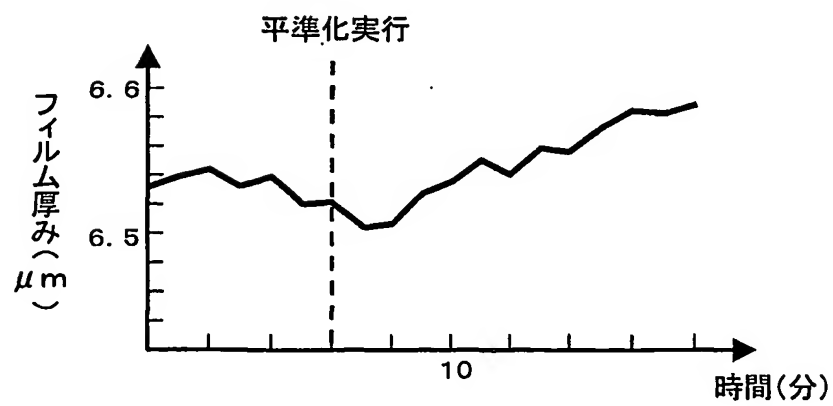
第21図



第22図

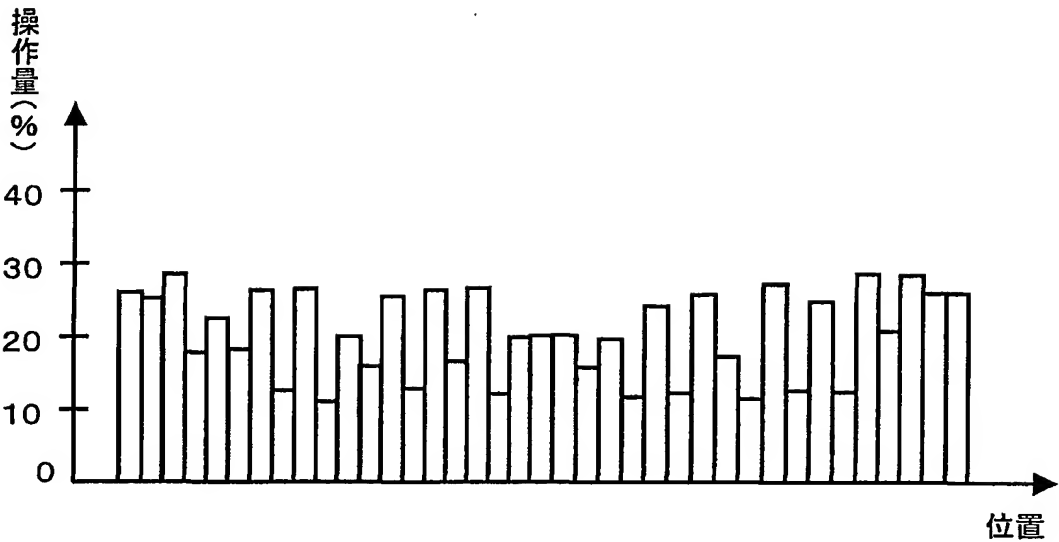


第23図

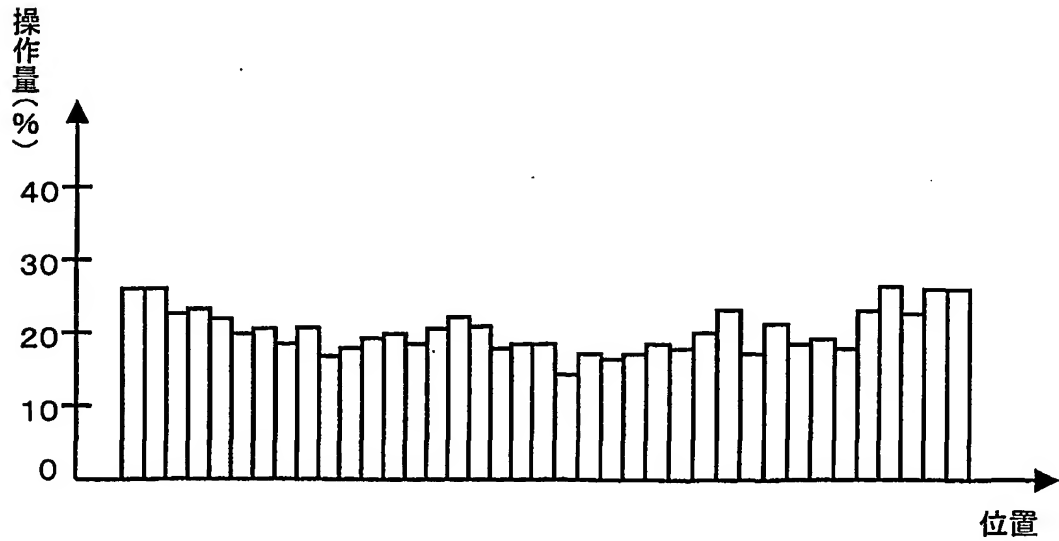




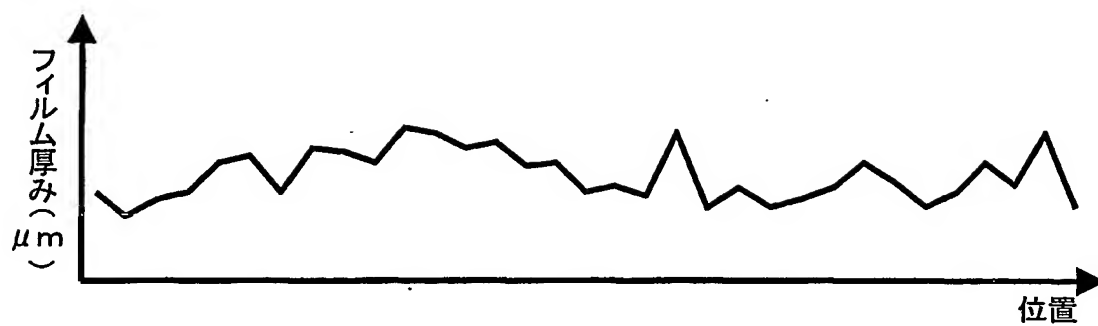
第24図



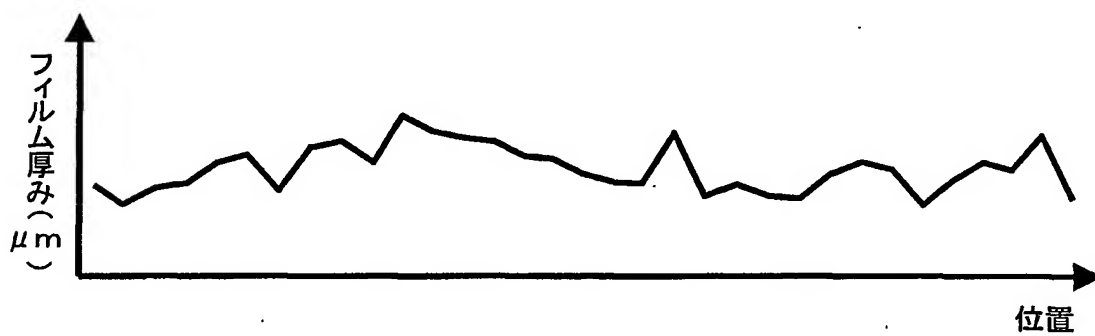
第25図



第26図



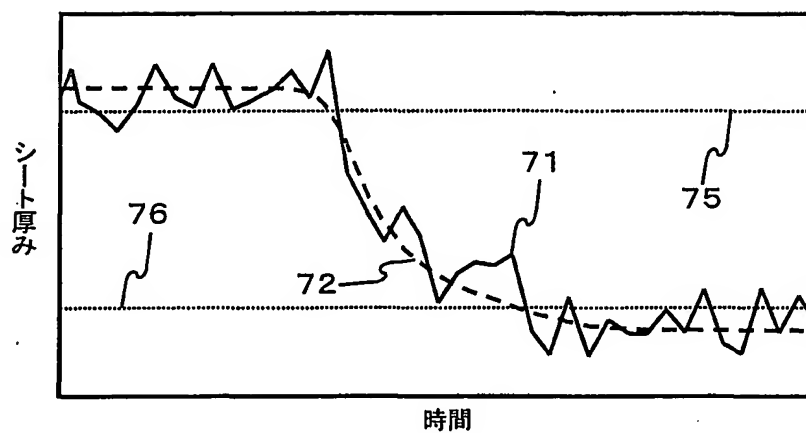
第27図



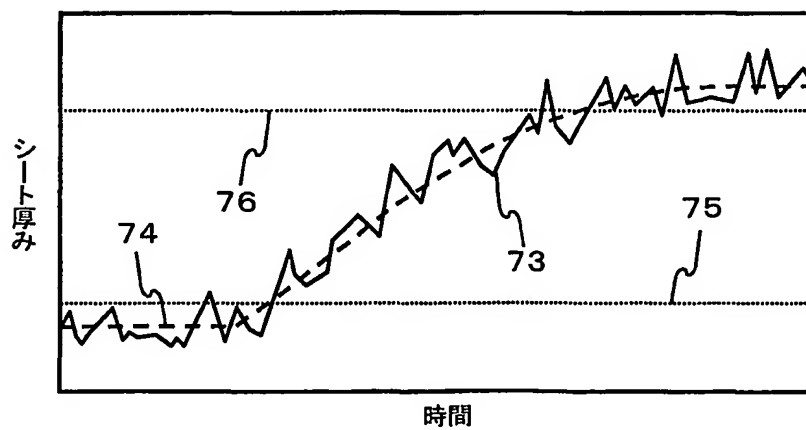
第28図



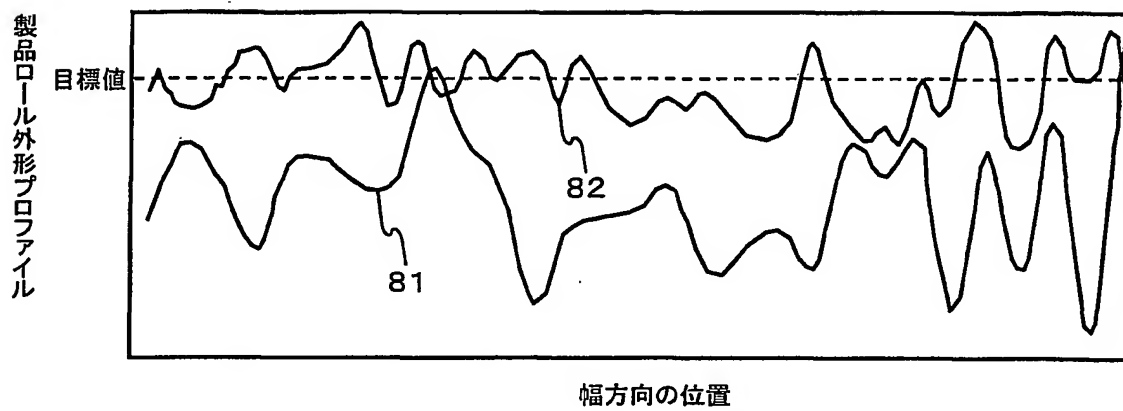
第29図



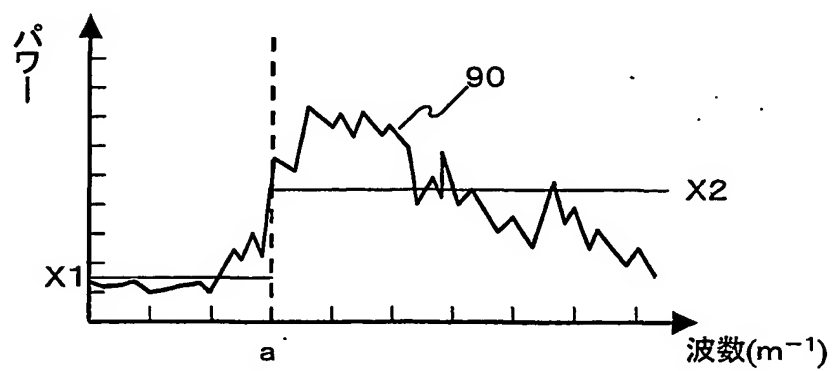
第30図



第31図



第32図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/08043

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B29C47/92, B29C47/16, G05B13/04 // B29L7:00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B29C47/00-47/96, B29C55/00-55/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5359532 A (Mitsubishi Jukogyo Kabushiki Kaisha), 25 October, 1994 (25.10.94), the whole document & EP 542177 A2                      & JP 3021135 B2	1-26
A	JP 2000-94497 A (Teijin Limited), 04 April, 2000 (04.04.00), the whole document (Family: none)	1-26
A	US 5397514 A (Bruckner Maschinenbau Gernot Bruckner GmbH & Co. KG), 14 May, 1995 (14.05.95), the whole document & DE 4033974 A                      & WO 92/07701 A1 & EP 554286 A1                      & JP 2698215 B2 & KR 170434 B1	1-26

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search  
05 December, 2001 (05.12.01)Date of mailing of the international search report  
18 December, 2001 (18.12.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/08043

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-329417 A (Toray Industries, Inc.), 19 December, 1995 (19.12.95), the whole document (Family: none)	6-10, 17, 18, 22, 23
X	JP 2853881 B2 (Toshiba Machine Co., Ltd.), 20 November, 1998 (20.11.98),	27-30, 32, 33
Y	column 3, lines 18 to 33; column 5, lines 20 to 34 (Family: none)	31
Y	US 5059265 A (Oji Yuka Goseishi Co., Ltd.), 22 October, 1991 (22.10.91), column 8, line 50 to column 10, line 24 & GB 2226660 A & JP 2612244 B2	31

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/08043

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. Claims 1 to 26 relate to a method of manufacturing a sheet, a sheet thickness controller, a program for operating a sheet manufacturing device, and computer-readable recording media having the program for operating the sheet manufacturing device recorded therein.

2. Claims 27 to 33 relate to a sheet having specific physical properties. The groups of inventions 1 and 2 are not considered to share the same or corresponding one or more special technical features and, therefore, are not considered so linked as to form a single general inventive concept.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>7</sup> B29C47/92, B29C47/16, G05B13/04, //B29L7:00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>7</sup> B29C47/00-47/96, B29C55/00-55/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2001年

日本国登録実用新案公報 1994-2001年

日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>A</u>	US 5359532 A (Mitsubishi Jukogyo Kabushiki Kaisha) 25. 10月. 1994 (25. 10. 94), 文献全体 &EP 542177 A2 &JP 3021135 B2	<u>1-26</u>
<u>A</u>	JP 2000-94497 A (帝人株式会社) 4. 4月. 2000 (04. 04. 00), 文献全体 (ファミリーなし)	<u>1-26</u>

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05. 12. 01

国際調査報告の発送日

18.12.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

斎藤 克也



4 F

93.44

電話番号 03-3581-1101 内線 3430



C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>A</u>	US 5397514 A (Bruckner Maschinenbau Gernot Bruckner GmbH & Co. KG) 14. 5月. 1995 (14. 05..95), 文献全体 &DE 4033974 A &WO 92/07701 A1 &EP 554286 A1 &JP 2698215 B2 &KR 170434 B1	<u>1-26</u>
<u>A</u>	JP 7-329417 A (東レ株式会社) 19. 12月. 1995 (19. 12. 95), 文献全体 (ファミリーなし)	<u>6-10,</u> <u>17, 18,</u> <u>22, 23</u>
<u>X</u>	JP 2853881 B2 (東芝機械株式会社)	<u>27-30,</u>
<u>Y</u>	20. 11月. 1998 (20. 11. 98), 第3欄第18-33行, 第5欄第20-34行 (ファミリーなし)	<u>32, 33</u> <u>31</u>
<u>Y</u>	US 5059265 A (Oji Yuka Goseishi Co., Ltd.) 22. 10月. 1991 (22. 10. 91), 第8欄第50行-第10欄第24行 &GB 2226660 A &JP 2612244 B2	<u>31</u>

## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

1. 請求の範囲1-26は、シートの製造方法、シートの厚み制御装置、シートの製造装置を動作させるプログラム及びシートの製造装置を作動させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関するものである。
  2. 請求の範囲27-33は、特定の物性を有するシートに関するものである。
- 発明群1. 及び発明群2. は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を共有するものとは言えないから、これらの発明群は単一の一般的発明概念を形成するように連関しているとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。